DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3

№3/2024

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕСТНИК ВЕТЕРИНАРИИ

№3

International bulletin of Veterinary Medicine



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕСТНИК ВЕТЕРИНАРИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ- 2024

www.spbguvm.ru

Международный ВЕСТНИК ВЕТЕРИНАРИИ 3.2024

Редакционный совет
К.В. Племяшов - гл. ред., чл.-корр. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
Л.Ю. Карпенко - зам. гл. ред., д-р биол. наук, проф., СПб.
А.И. Ятусевич - зам. гл. ред., д-р ветеринар. наук, проф., академик РАН, Витебск.
Редакционная коллегия
Н.Л. Андреева - д-р биол. наук, проф., СПб.
Л.М. Белова - д-р биол. наук, проф., СПб.
М.И. Гулюкин - акад. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., Москва.
Н.В. Зеленевский - д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
С.П. Ковалев - д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
А.А. Кудряшов - д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
В.А. Кузьмин - д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
М.Н. Макарова - д-р мед. наук, проф., СПб.
Б.С. Семенов - д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
А.М. Смирнов - акад. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., Москва.
В.В. Сочнев - член.-корр. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., Н. Новгород.
А.А. Стекольников - акад. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
А.А. Сухинин - д-р биол. наук, проф., СПб.
А.Н. Шиков - д-р фарм. наук, проф., СПб.
Mustafa Atasever- Prof., Dr. Erzurum, Turkiye.
Ю.К. Ковалёнок - д-р ветеринар. наук, проф., Витебск, Республика Беларусь.
Kushvar Galib Mammadova - Dr., Azerbaijan.
Н.Б. Сарсембаева - д-р ветеринар. наук, проф., Алматы, Республика Казахстан.
Ilia Tsachev - DVM, MSc, PhD, DSc Prof., Stara Zagora, Bulgaria.
О.Ю. Беспятых - д-р биол. наук, доц., Киров.
В.А. Илюха - д-р биол. наук, доц., Петрозаводск.
И.А. Плотников - д-р биол. наук, проф., Киров.
С.В. Бекетов - д-р биол. наук, вед. науч. сотр., Самара.
В.Н. Воронин - д-р биол. наук, проф., СПб.
А.Н. Квочко - д-р биол. наук, проф., Ставрополь.
А.О. Фролов - д-р биол. наук, гл. науч. сотр., СПб.
О.И. Станишевская - д-р биол. наук, проф., СПб.
А.Е. Болгов - д-р с.-х. наук, проф., Петрозаводск.
И.Ш. Шапиев - д-р с.-х. наук, проф., СПб.
Н.В. Пристач - д-р с.-х. наук, проф., СПб.
В.Б. Галецкий - д-р с.-х. наук, СПб.
Л.В. Романенко - д-р с.-х. наук, член РАЕ, СПб
В.И. Максимов - д-р биол. наук, проф., Москва
Редакционно-технический отдел
С. И. Мельников - канд. ветеринар. наук, СПб.
О.С. Попова - канд. ветеринар. наук, СПб.
В.В. Крюкова - канд. ветеринар. наук, СПб (англ. яз)

Сдано в набор 20.09.2024
Подписано к печати 01.10.2024
Формат 70×100 1/16.
Бумага глянцевая № 1. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 31,25+0,25 цв. вкл.
Усл. Кр.-отт. 18,2.
Тираж 1001 экз.

Editorial council
K.V. Plemyashov - member.-corr. RAS, Doctor of Science, prof., St. Petersburg
L.Y. Karpenko - deputy editor, doctor of biology sciences, professor, St. Petersburg.
A.I. Yatusevich - deputy chief editor, doctor of veterinary sciences , professor, academic of RAS, Vitebsk.
Editorial council
N.L. Andreeva - doctor of veterinary sciences, professor, St. Petersburg
L. M. Belova - doctor of biology sciences, professor, St. Petersburg
M.I. Gulyukin - academic of RAS, doctor of veterinary sciences, prof., Moscow
N.V. Zelenevskiy - doctor of veterinary medicine, doctor of economics, prof, St. Petersburg.
S. P. Kovalev - doctor of veterinary sciences, prof., St. Petersburg.
A.A. Kudryashov - doctor of veterinary sciences, professor, St. Petersburg.
V. A. Kuzmin - doctor of veterinary sciences, professor, St. Petersburg.
M.N. Makarova - doctor of medicine, professor, St. Petersburg.
B.S. Semenov - doctor of veterinary sciences, professor, St. Petersburg
A.M. Smirnov - academic of RAS, doctor of veterinary sciences, prof., Moscow
V.V. Sochnev - corr. member of RAS, doctor of vet. sciences, prof., N. Novgorod.
A.A. Stekolnikov - editor in chief, academic of RAS, doctor of veterinary sciences, professor, St. Petersburg
A.A. Sukhinin - doctor of biology sciences., prof, St. Petersburg
A.N. Shikov - doctor of pharmacology sciences, prof., St. Petersburg
Mustafa Atasever - professor., Dr. Erzurum, Turkey
Y.K. Kovalenok - doctor of veterinary sciences, prof., Vitebsk
Kushva Galiba Mammadova - doctor, Azerbaijan
N.B. Sarsembayeva - doctor of vet. sciences, prof., Almaty, Republic of Kazakhstan
Ilia Tsachev - DVM, MSc, PhD, DSc, Prof., Stara Zagora, Bulgaria
O.Yu. Bespyatykh - doctor of biology sciences, associate professor, Kirov
V.A. Ilyuha - doctor of biology sciences, associate professor, Petrozavodsk
I.A. Plotnikov - doctor of biology sciences, professor, Kirov
S.V. Beketov - doctor of biology sciences, Samara
V.N. Voronin - doctor of biology sciences, professor, St. Petersburg
A.N. Kvochko - doctor of biology sciences, professor, Stavropol
A.O. Frolov - doctor of biology sciences, senior science member, St. Petersburg
O.I. Stanishevskaya - doctor of biology sciences, professor, St. Petersburg
A.E. Bolgov - doctor of agricultural sciences, professor, Petrozavodsk
I.S. Shapiev - doctor of agricultural sciences, professor, St. Petersburg
N.V. Pristach - doctor of agricultural sciences, professor, St. Petersburg
V.B. Galetsky - doctor of agricultural sciences, St. Petersburg.
L.V. Romanenko - doctor of agricultural sciences, member of RAE, St. Petersburg
V.I. Maximov - doctor of biology sciences, professor, Moscow
Editorial and technical Department
S.I. Melnikov - PhD of Vet. Med., St. Petersburg
O.S. Popova - PhD of Vet Med., St. Petersburg
V.V. Kriukova - PhD of Vet Med., St. Petersburg (English)

Sent to 20.09.2024
Signed for printing 01.10.2024
The format of 100 × 70 1/16 .
Glossy paper number 1. Offset printing.
Conv. Pec. liter. 31,25+0,25 fl. incl.
Conv. Cr. - ott . 18.2 .
Circulation 1001 copies.

На 1 странице обложки: Лаборатория генетических и репродуктивных биотехнологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Номер госрегистрации СМИ ПИ № ФС77-83832 от 02 сентября 2022 г. Подписной индекс в агентстве Роспечать 82393.

Учредитель — Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Санкт -Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» (ФГБОУ ВО СПбГУВМ)

Журнал основан в январе 2004 года в Санкт-Петербурге и входит в список ведущих рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

МВВ входит в базу данных Russian Science Citation Index.

Журнал распространяется по всем регионам России и Республике Беларусь (ВУЗЫ, НИИ, ВЕТЕРИНАРНЫЕ ОТДЕЛЫ).

Журнал выходит не менее 4 раз в год. В нем публикуются работы по всем основным вопросам ветеринарии и смежным дисциплинам.

В этот журнал Вы можете поместить рекламу Вашей фирмы. Объявления и коммерческая реклама публикуются после оплаты. Срок исполнения – в течение 3 месяцев.

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных объявлений.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Мнение авторов и редакции по отдельным вопросам может не совпадать.

Плата с аспирантов за публикацию рукописи не взимается.

Справки и технические возможности типографии, в которой печатается журнал, оговариваются по телефону (812) 387-11-58.

Адрес редакции: 196084, СПб, ул. Черниговская дом 5, СПбГУВМ, редакция журнала «Международный вестник ветеринарии» (МВВ). тел 8-812 -387-11-58

RESEARCH AND PRODUCTION JOURNAL

The state registration number of the media PI No. FS77-83832 dated September 02, 2022. The subscription index in the Rospechat agency is 82393.

Founder — Federal state educational institution of higher professional education "Saint-Petersburg state University of veterinary medicine" (FSEI of HPE SpbGUVM).

The journal was founded in January 2004 in St. Petersburg and is included in the list of leading peer-reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of Sciences should be published.

International Bulletin of Veterinary Medi -cine is included in the Russian Science Citation Index database.

The journal is distributed in all regions of Russia and the Republic of Belarus (universities, research institutions , veterinary departments).

The magazine is published at least 4 times a year. It publishes papers on all major issues of veterinary medicine and related disci-plines.

In this magazine, you can place an advertisement for your company. Ads and commer-cial information are published after payment. The execution period is within 3 months.

The editorial board is not responsible for the content of advertisement.

When reprinting, a link to the journal is required.

The opinion of the authors and the editori -al board on certain issues may not coincide.

Postgraduates are not charged for the pub -lication of the manuscript.

Information and technical capabilities of the printing house where the magazine is printed are discussed by phone number (812) 387-11-58.

Editorial office address: 196084, St. Petersburg, Chernigovskaya str. 5, “SPbGUVM”, editorial office of the journal "International Bulletin of Veterinary Medicine" (MVV).

СОДЕРЖАНИЕ

Инфекционные болезни

• *Интерлейкин-6 как биомаркер клинических и субклинических стрептококковых маститов крупного рогатого скота. Макавчик С.А., Авдеенко В.С., Павлова В.С.* **13**

• *Изучение возбудителей ассоциированных бактериальных маститов коров в условиях промышленного комплекса. Смирнова Л.И., Забровская А.В., Макаров А.В.* **20**

• *Молекулярно-генетические исследования с использованием оптимизированной праймерной тест-системы, для выявления геномной ДНК Chlamydophila abortus. Безбородова Н.А., Кожуховская В.В., Балышева Н.С., Томских О.Г., Мартынов Н.А., Суздальцева М.А., Романова А.С.* **28**

• *Особенности выделения бактериофагов при кератоконьюнктивите крупного рогатого скота. Пименов Н.В., Иванникова Р.Ф., Айгинин А.А., Евтеев Н. А.* **36**

• *Особенности ультразвуковой картины при исследовании запястного сустава коз, являющихся носителями вируса артрита-энцефалита коз. Сычев И.А., Барашкин М.И., Лазарева А.А., Печура Е.В.* **41**

• *Пастереллез птиц (обзор литературы). Овчарова Е.С., Маслов Д.В., Сыворотко Е.В.* **50**

• *Оценка эффективности штаммов микроорганизмов в составе вакцин для профилактики сальмонеллёза животных. Прасолова О.В., Ленёв С.В.* **58**

• *Сравнительный анализ распространенности генов антибиотикорезистентности в микробиоме кишечника поросят, коров и кур-бройлеров. Сыромятников М.Ю., Нестерова Е.Ю., Котарев В.И., Лядова Л.В., Буракова Е.Ю., Михайлов Е.В.* **67**

• *Реакция диффузионной преципитации с использованием рекомбинантного белка VP2 вируса инфекционной бурсальной болезни. Веретенников В.В., Румянцев А.М., Джавадов Э.Д., Тарлавин Н.В., Красков Д.А., Иштуганова В.В.* **77**

• *Эпизоотологическое расследование вспышки эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота (на примере Иркутской области). Мельцов И.В., Блохин А.А., Сухинин А.А., Батомункуев А.С., Кутузова Л.А.* **84**

• *Особенности формирования колострального иммунитета у новорожденных телят, полученных от коров с экстрагенитальной патологией. Жуков М.С., Паршин П.А., Востроилова Г.А., Шапошников И.Т., Бригадиров Ю.Н., Алехин Ю.Н.* **95**

Инвазионные болезни

• *Эффективность применения лекарственного препарата «Празител Плюс» у собак придифиллоботриозе. Каменов К.С., Шинкаренко А.Н.* **108**

Фармакология, токсикология, фармация

• *Влияние минимальной подавляющей концентрации Офлоксацина на его эффективность при экспериментальной Salmonella infantis -инфекции цыплят. Горбанёва А.С., Скворцов В.Н., Присный А.А., Лаишевцев А.И., Лопунов С.В.* **114**

	• *Изучение сравнительной лечебно-профилактической эффективности антимикробных препаратов группы Фторхинолонов при экспериментальном стафилококкозе цыплят. Юрин Д.В., Скворцов В.Н., Логвинова С.С., Лаишевцев А.И., Лопунов С.В.*	**120**
	• *Оценка переносимости дойными коровами средства «СВ» для сухих копытных ванн. Хузин Д.А., Тарасова Е.Ю., Потехина Р.М., Юсупов С.А., Лукина Г.Р., Быкова П.В.*	**126**
	• *Влияние препарата «Простимул» на естественную резистентность и уровень экспрессии генов поросят с гипотрофией. Михайлов Е.В., Шутиков В.А., Шабунин Б.В., Степанов Е.М., Некрасов А.В., Шапошникова Ю.В.*	**135**
	• *Оценка эффективности препарата Прогестамаг® при коррекции воспроизводительной функции у коров и телок. Николаев С.В.*	**147**
	• *Эффективность раннего применения пробиотического препарата при выращивании телят. Филатов А.В., Николаев С.В., Сюткина А.С.*	**155**
	• *Биологически активные вещества кормовых добавок для молочного животноводства и современный ассортимент продуктов на их основе. Бойко Т.В., Любых Ю.Е., Камалтинова К.Н.*	**162**
	• *Фармакокинетические параметры кофеина у крупного рогатого скота в контексте оценки функционального состояния печени. Попова О.С., Понамарев В.С., Кострова А.В., Агафонова Л.А.*	**177**
Зоогигиена, санитария, кормление	• *Изменение сезонного цикла гонад дрейссены при её расселении на север. Аршаница Н.М., Макрушин А.В., Кузьмин В.В., Мыльникова М.А.*	**182**
	• *Применение метода инфракрасной спектрометрии в среднем диапазоне для определения меламина в молоке. Калюжная Т.В.*	**188**
	• *Анализ эколого-гидрохимичекого состояния озера Аккёль в условиях предгорного Дагестана. Рамазанова Д.М., Алиев А.Ю., Гунашев Ш.А., Каспарова М.А., Сайпулаев У.М.*	**194**
Биохимия, анатомия, физиология	• *Анатомо-топографические особенности мышц сгибателей тазобедренного сустава у свиньи крупной белой породы. Слесаренко Н.А., Оганов Э.О., Широкова Е.О.*	**201**
	• *Особенности ультраструктурной организации эндотелиальных клеток капилляров коры головного мозга млекопитающих, на примере быка домашнего. Прусаков А.В.*	**211**
	• *Морфофункциональная активность белка NPM1 при тубулярном раке молочной железы у кошек. Митенко В.В., Дилекова О.В.*	**216**
	• *Структурно-функциональные изменения в органах и тканях при поликистозе почек у кошек. Лукашик Г.В., Скобельская Т.П.*	**223**
	• *Анатомо-топографические особенности мышц-сгибателей тазобедренного сустава у кошки породы мэйн-кун. Слесаренко Н.А., Широкова Е.О., Оганов Э.О.*	**231**
	• *Морфометрические изменения параметров глазных яблок и хрусталиков у куриных эмбрионов кросса «Ломанн браун». Дмитриева О.С., Аржанкова Ю.В., Половинцева Т.М.*	**241**

	• *Кости стопы и топографически ассоциированные с ними артерии у соболя черной пушкинской породы. Яволовская Я. О. Щипакин М.В. Былинская Д.С. Стратонов А.С.*	**250**
	• *Оценка качества реабилитационных мероприятий у собак с нейропатиями разной этиологии различными методами. Александрова Е.Ю., Крячко О.В.*	**259**
	• *Особенности микроструктуры четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» при различных рационах кормления. Степанишин В.В., Позябин С.В., Борхунова Е.Н., Козлова М.А., Кузнецова М.А., Пашина Н.Р.*	**271**
	• *Низшие обезьяны как модельный объект изучения дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника у человека. Оганесян А.О., Панченко А.В., Колесник Ю.А., Губский И.Л., Баклаушев В.П., Ильязянц Д.А., Шестаков В.А., Радомская Е.Ю., Булгин Д.В.*	**287**
	• *Сравнительный анализ биохимического состава сыворотки крови радужной форели при различных рационах кормления. Карпенко Л.Ю., Сидорова Н.А., Полистовская П.А., Бахта А.А., Савушкин А.И., Никонов И.Н.*	**301**
	• *Влияние органоминеральных хелатных комплексов на содержание химических элементов в мышечной ткани рыб. Полистовская П.А., Карпенко Л.Ю., Махнин И.А., Ажикина О.Ю.*	**313**
	• *Аминокислотный состав сыворотки крови свиней в зависимости от породы и длительности откорма. Колесник Н.С., Зеленченкова А.А., Зайцев С.Ю.*	**321**
	• *Аминокислотные показатели крови трехпородных гибридов свиней в модели линейного уравнения. Контэ А.Ф., Недашковский И.С., Воронина О.А., Колесник Н.С., Савина А.А., Зайцев С.Ю.*	**329**
	• *Эндобионтные инфузории снежного барана, обитающего в Якутии. Слепцов Е.С., Алферов И.В., Племяшов К.В., Виноходов В.О., Григорьев И.И., Григорьева Н.Н.*	**340**
Акушерство и гинекология	• *Влияние возраста хряков на их племенные качества. Самсонова О.Е.*	**345**
	• *Исследование антигенотоксического действия гидрофильных криофракций некоторых тканей крупного рогатого скота. Востроилова Г.А., Шабанов Д.И., Корчагина А.А., Хохлова Н.А., Сыромятников М.Ю., Стрельников Н.А., Некрасов А. В.*	**354**
	• *Оценка параметров изменчивости собственной продуктивности быков-производителей холмогорской породы. Недашковский И.С., Контэ А.Ф., Рудиянов Д.М., Абдельманова А.С., Волкова Н.А., Сермягин А.А., Гусев И.В., Зиновьева Н.А.*	**365**
	• *Полиморфизм аллельных вариантов генов у дойных коров, разводимых в условиях горного и равнинного Дагестана. Оздемиров А.А.*	**377**
	• *Перспективы применения репродуктивных технологий в изгородном содержании северных оленей. Мусидрай А.А., Южаков А.А., Лайшев К.А., Никиткина Е.В.*	**384**

	• *Воспроизводительные способности телок с учетом их заболеваемости в молочный период развития. Абилов А.И., Племяшов К.В., Козменков П.Л., Иолчиев Б.С., Устименко А.В.*	**392**
	• *Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов генов FASN И DGAT1 с живой массой у мясного скота. Шевхужев А.Ф., Скорых Л.Н., Криворучко А.Ю., Скокова А.В., Каниболоцкая А.А.*	**402**
	• *Показатели нативного и замороженно-оттаянного семени у быков-производителей симментальской и монбельядской пород. Абилов А.И., Новгородова И.П., Прытков Ю.А.*	**413**
	• *Эффективность методов культивирования эмбрионов кошачьих в зависимости от сроков их получения после овариоэктомии. Хуснетдинова Н.Ф., Колядина Н.И., Позябин С.В., Ромидонов А.Б., Ромидонов В.Б.*	**421**
	• *Сравнительный анализ фенотипических и генетических корреляций между зоотехническими признаками у домашних северных оленей. Южаков А.А., Свищёва Г.Р., Сёмина М.Т., Столповский Ю.А., Лайшев К.А.*	**429**
Хирургия	• *Использование межфасциальных блоков для комплексной аналгезии при удалении новообразований мягких тканей в области грудной клетки у мелких домашних животных. Семенов Б.С., Нечаев А.Ю., Назарова А.В.*	**443**
	• *Сравнительная характеристика визуальных методов диагностики лошадей с переломами конечностей. Сучков М.В., Чернигова С.В.*	**450**
	• *Сравнение методов лечения спонтанных дефектов эпителия роговицы у собак. Прудникова Е.В., Стекольников А.А.*	**457**
	• *Мастоцитомы у собак: наиболее частые осложнения при хирургических вмешательствах. Ладанова М.А., Сметанина Е.С.*	**466**
	• *Ультразвуковые изменения сухожильно-связочного аппарата лошадей, участвующих в соревнованиях по конным дистанционным пробегам, в сравнении с классическими видами конного спорта. Стекольников А.А., Гусева В.А., Ладанова М.А.*	**474**
	• *Сравнительная эффективность применения лидокаина и бупивакаина при эпидуральной анестезии у овец. Нечаев А.Ю., Пандранги Харша.*	**479**
	• *Анатомо-топографическое обоснование анестезии нижнего альвеолярного нерва у кошки домашней. Иванцов В.А., Качалин М.Д., Лясковский И.Д.*	**485**
	• *Особенности болезней конечностей у ремонтных тёлок на предприятиях промышленного типа. Симонов Ю.И., Симонова Л.Н., Черненок В.В., Черненок Ю.Н., Семенов Б.С.*	**492**

CONTENTS

Infectious diseases	• *Interleukin-6 as a biomarker of clinical and subclinical streptococcal mastitis in cattle. Makavchik S.A., Avdeenko V.S., Pavlova V.S.*	**13**
	• *The study of pathogens of associated bacterial mastitis of cows in an industrial complex. Smirnova L.I., Zabrovskaya A.V., Makarov A.V.*	**20**
	• *Molecular genetic studies using an optimized primer test system to identify the genomic DNA of Chlamydophila abortus. Bezborodova N.A., Kozhukhovskaya V.V., Balysheva N.S., Tomskikh O.G., Martynov N.A., Suzdaltseva M.A., Romanova A.S.*	**28**
	• *Features of bacteriophage isolation in bovine keratoconjunctivitis. Pimenov N.V., Ivannikova R.F., Aiginin A.A., Evteev N. A.*	**36**
	• *Features of the ultrasound picture in the study of the carpal joint of goats that are carriers of the arthritis-encephalitis virus of goats. Sychev I.A., Barashkin M.I., Lazareva A.A., Pechura E.V.*	**41**
	• Pasteurellosis of birds (literature review). Ovcharova E.S., Maslov D.V., Seremko E.V.	**50**
	• *Evaluation of the effectiveness of strains of microorganisms in vaccines for the prevention of animal salmonellosis. Prasolova O.V., Lenev S.V.*	**58**
	• *Comparative analysis of the prevalence of antibiotic resistance genes in the gut microbiome of piglets, cows and broiler chickens. Syromyatnikov M.Yu., Nesterova E.Yu., Kotarev V.I., Lyadova L.V., Burakova E.Yu., Mikhailov E.V.*	**67**
	• *Diffusion precipitation reaction using recombinant VP2 protein of infectious bursal disease virus. Veretennikov V.V., Rumyantsev A.M., Javadov E.D., Tarlavin N.V., Kraskov D.A., Ishtuganova V.V.*	**77**
	• *Epizootological investigation of an outbreak of emphysematous carbuncle in cattle (on the example of the Irkutsk region). Meltsov I.V., Blokhin A.A., Sukhinin A.A., Batomunkuyev A.S., Kutuzova L.A.*	**84**
	• *Features of the formation of colostral immunity in newborn calves obtained from cows with extragenital pathology. Zhukov M.S., Parshin P.A., Vostroilova G.A., Shaposhnikov I.T., Brigadirov Yu.N., Alekhine Yu.N.*	**95**
Invasive diseases	• *The effectiveness of the drug "Prazitel Plus" in dogs with hyphyllobothriosis. Kamenov K.S., Shinkarenko A.N.*	**108**
Pharmacology, toxicology, pharmacy	• *The effect of the minimum suppressive concentration of Ofloxacin on its effectiveness in experimental Salmonella infantis infection of chickens. Gorbaneva A.S., Skvortsov V.N., Prisny A.A., Laishevtsev A.I., Lopunov S.V.*	**114**
	•*To study the comparative therapeutic and prophylactic effectiveness of antimicrobial drugs of the fluoroquinolone group in experimental staphylococcosis of chickens. Yurin D.V., Skvortsov V.N., Logvinova S.S., Laishevtsev A.I., Lopunov S.V.*	**120**
	• *Evaluation of the tolerability of the "SV" remedy for dry hoof baths by dairy cows. Khuzin D.A., Tarasova E.Yu., Potekhina R.M., Yusupov S.A., Lukina G.R., Bykova P.V.*	**126**

	• *The effect of the drug "Stimul" on the natural resistance and gene expression level of piglets with hypotrophy. Mikhailov E.V., Shutikov V.A., Shabunin B.V., Stepanov E.M., Nekrasov A.V., Shaposhnikova Yu.V.*	**135**
	• *Evaluation of the effectiveness of Progestamag® in the correction of reproductive function in cows and heifers. Nikolaev S.V.*	**147**
	• *The effectiveness of early use of a probiotic drug in raising calves. Filatov A.V., Nikolaev S.V., Syutkina A.S.*	**155**
	• *Biologically active substances of feed additives for dairy farming and a modern range of products based on them. Boyko T.V., Any Y.E., Kamaltinova K.N.*	**162**
	• *Pharmacokinetic parameters of caffeine in cattle in the context of assessing the functional state of the liver. Popova O.S., Ponamarev V.S., Kostrova A.V., Agafonova L.A.*	**177**
Zoohygiene, sanitation, feeding	• *The change in the seasonal cycle of the Dreissena gonads during its settlement to the north. Arshanitsa N.M., Makrushin A.V., Kuzmin V.V., Mylnikova M.A.*	**182**
	• *Application of the method of infrared spectrometry in the middle range for the determination of melamine in milk. Kalyuzhnaya T.V.*	**188**
	• *Analysis of the ecological and hydrochemical state of Lake Ak gel in the conditions of foothill Dagestan. Ramazanova D.M., Aliyev A.Yu., Gunashev S.A., Kasparova M.A., Saipulaev U.M.*	**194**
Biochemistry, morphology, physiology	• *Anatomical and topographic features of the flexor muscles of the hip joint in a pig of a large white breed. Slesarenko N.A., Oganov E.O., Shirokova E.O.*	**201**
	• *Features of the ultrastructural organization of endothelial cells of the capillaries of the mammalian cerebral cortex, using the example of a domestic bull. Prusakov A.V.*	**211**
	• *Morphofunctional activity of NPM1 protein in tubular breast cancer in cats. Mitenko V.V., Dilekova O.V.*	**216**
	• *Structural and functional changes in organs and tissues in polycystic kidney disease in cats. Lukashik G.V., Skobelskaya T.P.*	**223**
	• *Anatomical and topographic features of the flexor muscles of the hip joint in a Maine Coon cat. Slesarenko N.A., Shirokova E.O., Oganov E.O.*	**231**
	• *Morphometric changes in the parameters of eyeballs and lenses in chicken embryos of the Lohmann Brown cross. Dmitrieva O.S., Arzhankova Yu.V., Polovintseva T.M.*	**241**
	• *Foot bones and topographically associated arteries in the sable of the black Pushkin breed. Yavolovskaya Ya. O. Shchipakin M.V. Bylinskaya D.S. Stratonov A.S.*	**250**
	• *Assessment of the quality of rehabilitation measures in dogs with neuropathies of different etiologies by various methods. Alexandrova E.Yu., Kryachko O.V.*	**259**
	• *Features of the microstructure of the quadriceps femoral muscle of broiler chickens of the Smena-9 cross with various feeding diets. Stepanishin V.V., Pozyabin S.V., Borkhunova E.N., Kozlova M.A., Kuznetsova M.A., Pashina N.R.*	**271**

	• *Lower monkeys as a model object for studying degenerative-dystrophic changes of the spine in humans. Oganesyan A.O., Panchenko A.V., Kolesnik Yu.A., Gubsky I.L., Baklaushev V.P., Ilyazyants D.A., Shestakov V.A., Radomskaya E.Yu., Bulgin D.V.*	**287**
	• *Comparative analysis of the biochemical composition of blood serum of rainbow trout in various feeding diets. Karpenko L.Yu., Sidorova N.A., Polistovskaya P.A., Bakhta A.A., Savushkin A.I., Nikonov I.N.*	**301**
	• *The effect of organomineral chelate complexes on the content of chemical elements in fish muscle tissue. Polistovskaya P.A., Karpenko L.Yu., Makhnin I.A., Azhikina O.Yu.*	**313**
	• *The amino acid composition of pig blood serum depends on the breed and the duration of fattening. Kolesnik N.S., Zelenchenkova A.A., Zaitsev S.Yu.*	**321**
	• *Amino acid blood parameters of three-breed pig hybrids in a linear equation model. Konte A.F., Nedashkovsky I.S., Voronina O.A., Kolesnik N.S., Savina A.A., Zaitsev S.Yu.*	**329**
	• *Endobiont infusoria of the snow sheep living in Yakutia. Sleptsov E.S., Alferov I.V., Plemyashov K.V., Vinokhodov V.O., Grigoriev I.I., Grigorieva N.N.*	**340**
Obstetrics, gynecology	• *The influence of the age of boars on their breeding qualities. Samsonova O.E.*	**345**
	• *Investigation of the antigenotoxic effect of hydrophilic cryofractions of some cattle tissues. Vostroilova G.A., Shabanov D.I., Korchagina A.A., Khokhlova N.A., Syromyatnikov M.Yu., Strelnikov N.A., Nekrasov A.V.*	**354**
	• *Assessment of the parameters of variability of the own productivity of the bulls-producers of the Kholmogorsky breed. Nedashkovsky I.S., Konte A.F., Rudiyanov D.M., Abdelmanova A.S., Volkova N.A., Sermyagin A.A., Gusev I.V., Zinoviev N.A.*	**365**
	• *Polymorphism of allelic gene variants in dairy cows bred in mountainous and lowland Dagestan. Ozdemirov A.A.*	**377**
	• *Prospects for the use of reproductive technologies in the hedge keeping of reindeer. Musidray A.A., Yuzhakov A.A., Laishev K.A., Nikitkina E.V.*	**384**
	• *Reproductive abilities of heifers, taking into account their morbidity in the dairy period of development. Abilov A.I., Plemyashov K.V., Kozmenkov P.L., Iolchiev B.S., Ustimenko A.V.*	**392**
	• *Association of single nucleotide polymorphisms of FASN and DGAT1 genes with live weight in beef cattle. Shevkhuzhev A.F., Skorykh L.N., Krivoruchko A.Yu., Skokova A.V., Kanibolotskaya A.A.*	**402**
	• *Indicators of native and frozen-thawed seed in bulls of the Simmental and Montbellade breeds. Abilov A.I., Novgorodova I.P., Prytkov Yu.A.*	**413**
	• *The effectiveness of methods for culturing feline embryos depends on the timing of their receipt after ovariectomy. Khusnetdinova N.F., Kolyadina N.I., Pozyabin S.V., Romidonov A.B., Romidonov V.B.*	**421**
	• *Comparative analysis of phenotypic and genetic correlations between zootechnical traits in domestic reindeer. Yuzhakov A.A., Svishcheva G.R., Semina M.T., Stolpovsky Yu.A., Laishev K.A.*	**429**
Surgery	•*The use of interfascial blocks for complex analgesia in the removal of soft tissue tumors in the chest area in small pets. Semenov B.S., Nechaev A.Yu., Nazarova A.V.*	**443**

• *Comparative characteristics of visual diagnostic methods for horses with limb fractures. Suchkov M.V., Chernihiv S.V.* **450**

• *Comparison of treatment methods for spontaneous corneal epithelial defects in dogs. Prudnikova E.V., Stekolnikov A.A.* **457**

• *Mastocytomas in dogs: the most common complications of surgical interventions. Ladanova M.A., Smetanina E.S.* **466**

• *Ultrasonic changes in the tendon-ligamentous apparatus of horses participating in equestrian distance running competitions, in comparison with classical equestrian sports. Stekolnikov A.A., Guseva V.A., Ladanova M.A.* **474**

• *Comparative efficacy of lidocaine and bupivacaine in epidural anesthesia in sheep. Nechaev A.Y., Pandrangi Harsha.* **479**

• *Anatomical and topographic substantiation of anesthesia of the inferior alveolar nerve in a domestic cat. Ivantsov V.A., Kachalin M.D., Lyaskovsky I.D.* **485**

• *Features of limb diseases in repair heifers at industrial enterprises. Simonov Yu.I., Simonova L.N., Chernenok V.V., Chernenok Yu.N., Semenov B.S.* **492**

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК: 619:612.12:618.19-002.1:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.13

ИНТЕРЛЕЙКИН-6 КАК БИОМАРКЕР КЛИНИЧЕСКИХ И СУБКЛИНИЧЕСКИХ СТРЕПТОКОККОВЫХ МАСТИТОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Макавчик С.А.* – д-р ветеринар. наук., доц. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии (ORCID 0000-0001-5435-8321); **Авдеенко В.С.** – д-р ветеринар. наук, проф. кафедры генетических и репродуктивных биотехнологий (ORCID 0000-0001-6154-275X); **Павлова В.С. –** студ. факультета ветеринарной медицины.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*groza81@mail.ru

Ключевые слова: маститы, коровы, *Streptococcus spp*., иммунный ответ, интерлейкин-6.

Key words: mastitis, cows, *Streptococcus spp*., immune response, interleukin-6.

Финансирование: *Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда 23-26-00284, https://rscf.ru/project/23-26-00284/.*

Поступила: 19.07.2024 **Принята к публикации:20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Интерлейкин-6 является одним из наиболее важных противовоспалительных цитокинов, который активирует врожденные и приобретенные механизмы иммунного ответа животных. Целью исследования была оценка интерлейкина-6 как биомаркера клинических и субклинических маститов дойных коров. Для лабораторных исследований были отобраны образцы молока и крови от коров голштино-фризской породы, больных маститом (n=20) и здоровых (n=10) в Новгородской области. В исследование для изучения уровня интерлейкина-6 (ИЛ-6) были включены животные с инфекционными маститами коров, которые вызваны *Streptococcus spp.* Уровни ИЛ -6 в молоке от коров как с клиническим маститом, так и с субклиническим маститом по сравнению с контрольной группой по максимальным значениям соответствовали:1069,47±0,33 пг/мл против 4004,96±0,25 пг/мл в группе с клиническим маститом (КМ), $p < 0,05$; и против 1903,22 пг/мл в группе с субклиническим маститом (СКМ), $p < 0,05$. Уровни ИЛ-6 в молоке здоровых коров составили1066,99±0,33 пг/мл и были значительно ниже в 1,7-3,7 раза, чем в молоке всех коров с инфекционным маститом, вызванным *Streptococcus spp.* Выявлена разница в уровнях IL-6 в сыворотке крови между ре-

зультатами, полученными в группе животных с клиническим и субклиническим маститом (1069,47±0,13 пг/мл против 700,99±0,22 пг/ мл). Концентрация IL-6 в сыворотке крови здоровых коров находилась в пределах 633,49±0,53 пг/мл и отличалась от уровня IL-6 в сыворотке крови всех групп коров с инфекционным маститом в клинической или субклинической форме (700,99±0,52 пг/мл и 1069,47±0,33 пг/мл соответственно). Наши результаты свидетельствуют о том, что у коров с инфекционным маститом, вызванным *Streptococcus spp*., развивается местная иммунная реакция в вымени в ответ на патоген. Таким образом, мониторинг уровня интерлейкина-6 в молоке может позволить раннее выявление мастита, что особенно важно в случаях субклинического воспаления молочной железы.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Инфекционный мастит – это воспалительная реакция тканей вымени в молочной железе, вызванная микробной инфекцией. Он считается наиболее распространенным заболеванием среди поголовья дойных коров [1, 6, 7].

К этиологическим агентам относятся различные грамположительные и грамотрицательные бактерии и грибы. Данные литературы указывают на то, что среди возбудителей мастита в настоящее время преобладают виды *Streptococcus spp.*, что также было подтверждено в нашем исследовании [2, 3, 4, 5, 8].

Streptococcus spp. может вызывать как субклиническую форму мастита, так и ту, которая протекает с ярко выраженными клиническими признаками. Субклиническая форма мастита очень опасна, поскольку трудно выявляется, длительно сохраняется и влияет на качество и продуктивность молока. В большинстве случаев инфицирование вымени *Streptococcus spp.* вызывает необратимые изменения, что приводит к атрофии секреторной ткани и потери способности вырабатывать молоко [10, 11].

Инфекционные процессы в молочной железе вызывают иммунные реакции, приводящие к аномальной секреции цитокинов и нарушению репродуктивной системы, и у коров снижается уровень стельности и повышается риск абортов [11].

Реакция организма на инфекцию – это воспалительная реакция и быстрая выработка белков острой фазы (сывороточный амилоид А, компоненты комплемента и др.). Исследования авторов показали значительное увеличение концентрации амилоида А в молоке коров, страдающих стрептококковым маститом [9].

Основным индуктором выработки печенью белков острой фазы во время инфекции является интерлейкин-6. Патогенные микроорганизмы, проникающие в вымя, стимулируют выделение различной концентрации этого цитокина различными клетками, включая лимфоциты, моноциты, макрофаги, эндотелиальные клетки, эпителиальные клетки и фибробласты. ИЛ-6 был признан ранним, но неспецифическим показателем мастита. ИЛ-6 как провоспалительный цитокин, который активирует врожденные и приобретенные механизмы иммунного ответа. Причиной использования в качестве биомаркера Интерлейкина-6 является его центральная роль в активации и поддержании воспалительной реакции, что позволяет выявить субклиническую форму инфекционного мастита и уровень воспаление [8, 9, 10, 11].

Таким образом, изучение корреляции и роли концентрации медиаторов воспаления, в том числе интерлейкина-6 важны при дифференциальной диагностике ряда воспалительных болезней животных, в том числе и при стрептококковом мастите крупного рогатого скота.

Целью исследования была оценка интерлейкина-6 как биомаркера клинических и субклинических маститов дойных коров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METODS

Материал для лабораторных исследований (образцы молока и крови) был отобран у коров голштино-фризской породы

в Новгородской области.

Образцы крови отобраны из хвостовых вен от каждой коровы в вакуумные пробирки RusTech с активатором свертывания крови. Для получения сыворотки образцы крови центрифугировали при 1000 ×g в течение 20 мин. Затем прозрачную сыворотку разливали в пробирки типа "Эппендорф" и хранили при температуре 70°С до использования в анализах.

Образцы секрета вымени были взяты от коров, пораженных клиническим и субклиническим маститом, сразу после начала воспаления. Перед отбором образцов не проводилось никакой обработки.

Один образец свежего молока от каждой исследуемой коровы был использован для определения количества соматических клеток (КСК), которое определяли набором Экспресс-тест на мастит производства ООО «Нерохим», Россия.

Молоко из третьей пробирки было использовано для бактериологического исследования. Провели посев в объеме 0,01 мл из исследуемых образцов молока на агаровые среды ГРМ-агар (Оболенск, Россия), в которые добавляли 5% бараньей крови.

После инкубации в течение 16-18 часов при температуре 37°С в аэробных условиях оценивали морфологию колоний, проводили тест на наличие каталазы и готовили микроскопические препараты, окрашенные по Граму.

Идентификация видов стрептококков проводилась с использованием с помощью тест- системы STREPtest24 (Чешская Республика).

Дифференцирующие дополнительные тесты проведены на каталазную активность, скрытую гемолитическую активность, отсутствие роста на энтерококкагаре (Оболенск, Россия). Второй образец молока центрифугировали при 1000 × g в течение 20 мин, затем переносили в пробирки Эппендорфа и замораживали при температуре -70°С до определения уровня цитокинов в образцах при помощи иммуноферментного анализа с применением набора (Cloud-Clone Corp, Китай) согласно инструкции производителя. Учет проводили на приборе (Multiscan FC, Thermo Scietipic, США) при длине волны 450 нм. В работе использована программа CurveExpert Basic.

Полученные цифровые данные обработаны методом вариационной статистики с определением достоверности по Стьюденту.

Использована общепринятая характеристика вариационного ряда, где его средняя арифметическая величина M, равная сумме произведений вариант (y) на частоты (p), деленная на сумму частот (N).

Цифровые данные обрабатывали посредством программы STATISTICA (StatSoft Inc., США, версия 7.0), адаптированной к ПК Microsoft Excel 2000 SPSS 10.0.5 for Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исследование было проведено на 30 образцах молока и 30 образцах сыворотки от коров, включающие образцы молока (n=10) и сыворотки (n=10) от животных с клиническим маститом, а также с субклиническим маститом исследуемое молоко (n=10) и сыворотка (n=10), вызванным *Streptococcus spp.*, и по 10 проб молока и сыворотки от здоровых коров.

У коров наблюдалось субклиническое воспаление без признаков заболевания, а также были обнаружены отклонения в молоке, такие как сгустки и хлопья в качестве клинических признаков мастита, а также припухлость, покраснение или болезненность молочной железы в качестве видимых признаков. В группу заболевших вошли коровы со 2-ой по 5-ую лактациями. Диапазон содержания концентрации соматических клеток в молоке этих коров с инфекционным маститом составлял от 100 000 до 500 000 клеток/мл.

В дальнейшее исследование для изучения уровня цитокинов, таких как интерлейкина-6 (ИЛ-6) были включены животные с инфекционными маститами коров, которые вызваны *Streptococcus spp.* Видовой спектр, выделенных стрептококков, представлен: *Streptococcus dysgalactiae* (4 изолята), *Streptococcus uberis* (4 изолята),

Streptococcus agalactiae (2 изолята), а также *Streptococcus spp.* (10 изолятов).

Также были взяты образцы молока и крови у 10 здоровых коров без признаков заболевания. Эта контрольная группа состояла исключительно из коров в период первой лактации, которые производили молоко с КСК менее 100 000 клеток/мл.

Результаты исследования уровня ИЛ-6 в биоматериале с применением иммуноферментного анализа представлены в табл. 1.

Уровни ИЛ-6 в молоке здоровых коров составили1066,99±0,33 пг/мл и были значительно ниже в 1,7-3,7 раза, чем в молоке всех коров, страдающих маститом, вызванным *Streptococcus spp.*

Следует отметить, что достоверная разница в уровне концентрации IL-6 в молоке по сравнению с контрольной группой была зафиксирована как у коров с клиническим маститом, так и с субклиническим маститом по максимальным значениям установлена:1069,47±0,33 пг/мл против 4004,96±0,25 пг/мл в группе с КМ, $p < 0,05$; и против 1903,22±0,13 пг/мл в группе с СКМ, $p < 0,05$.

Анализируя результаты табл.1, также выявлена разница в уровнях IL-6 в сыворотке крови между результатами, полученными в группе животных с КМ и СКМ (1069,47±0,13 пг/мл против 700,99±0,22 пг/ мл).

Концентрация IL-6 в сыворотке крови здоровых коров находилась в пределах 633,49±0,53 пг/мл и отличалась от уровня IL-6 в сыворотке крови всех групп коров при стрептококковом мастите в клинической или субклинической форме (700,99±0,52 пг/мл и 1069,47±0,33 пг/мл соответственно).

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о том, что содержание IL-6 в молоке коров с клиническим маститом, было значительно выше в 4 раза, чем в сыворотке крови клинически маститных коров.

Настоящее исследование показало значительно более высокие концентрации IL-6 в молоке (в 4 раз) по сравнению с молоком здоровых коров. Наши данные согласуются с результатами исследования, проведенного Bochniarz и соавторами (2024), которое показало уровни IL-6 в молоке от здоровых коров варьировали от 6,09 до 80,24 пг/мл (медиана 26,6 пг/мл) и были значительно ниже, чем в молоке от коров как с клиническим, так и с субклиническим маститом.

Настоящее исследование показывает, что у коров с маститом, вызванным *Streptococcus spp.*, развивается местный иммунный ответ в молочной железе в ответ на патоген. Мониторинг уровня ИЛ-6 в молоке может позволить на ранней стадии выявить инфекционный мастит, что особенно важно в случаях субклинического воспаления.

Благодаря своим многочисленным важным функциям во время воспаления, таким как защита организма посредством иммунного ответа и регуляции воспаления, ИЛ-6 является одним из наиболее важных провоспалительных цитокинов [11, 12].

Таблица 1 – Концентрация интерлейкина - 6 (ИЛ-6) в молоке и сыворотке здоровых коров и коров с клиническим и субклиническим маститом, вызванных *Streptococcus spp.*

Наименование биологического материала	Наименование группы животных		
	Группа клинически здоровых коров (n = 10), контрольная группа; среднее значение для группы	Группа коров с субклиническим маститом (СКМ) (n =10), среднее значение для группы	Группа коров с клиническим маститом (КМ) (n =10), среднее значение для группы
Секрет вымени	1069,47±0,33 пг/мл	1903,22 ±0,13 пг/мл	4004,96 ±0,25 пг /мл
Сыворотка крови	633,49 ±0,53 пг/мл	700,99±0,52 пг / мл	1069,47±0,33 пг/мл

Примечание: P<0,05– степень достоверности

Исследования показали, что уровень ИЛ-6 зависит от ряда факторов, включая форму течения мастита, фазу инфекции и тип микроорганизмов, вызывающих мастит.

Настоящее исследование показывает, что определение уровня ИЛ -6 может быть использовано в ветеринарных лабораториях для диагностики субклинических маститов.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Мы отметили повышенную концентрацию провоспалительных цитокинов ИЛ-6, которая содержится в молоке, в сыворотке крови, как у коров с клиническим, так и субклиническим маститом. Лабораторный контроль этого цитокина в молоке позволил обнаружить субклинический мастит, таким образом, применить меры и ограничить распространение микроорганизмов среди животных, и выделение их в окружающую среду.

Таким образом, следует подчеркнуть, что последствия инфекции зависят от реакции организма на ранних стадиях заболевания, включая активность высвобождаемых цитокинов. Роль цитокинов заключается в индуцировании или ингибировании многочисленных процессов. Мастит, независимо от того, протекает ли он естественным путем или вызван экспериментально, вызывает увеличение количества соматических клеток и уровня цитокинов, вырабатываемых в молоке, которые отличаются от вида возбудителя.

Изучение уровня цитокинового профиля позволяет получить информацию о функциональной активности различных типов иммунокомпетентных клеток, тяжести воспалительного процесса и его переходе на системный уровень при инфекционном мастите, который может быть вызван разными возбудителями, но в данном исследовании установлен уровень цитокина при стрептококковом мастите.

INTERLEUKIN-6 AS A BIOMARKER OF CLINICAL AND SUBCLINICAL STREPTOCOCCAL MASTITIS IN CATTLE

Makavchik S.A. * – D.V.N., Associate Professor of the Department of Microbiology, Virology and Immunology (ORCID 0000-0001-5435-8321); **Avdeenko V.S.** – D.V.N., Professor of the Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies (ORCID 0000-0001-6154-275X); **Pavlova V.S.** – student of the veterinary faculty

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*groza81@mail.ru

Financing: *The study was supported by the Russian Science Foundation grant 23-26 -00284, https://rscf.ru/project/23-26-00284/.*

ABSTRACT

Interleukin-6 is one of the most important pro-inflammatory cytokines, activating the innate and acquired mechanisms of the immune response of animals. The aim of the study was to evaluate interleukin-6 as a biomarker of clinical and subclinical mastitis in dairy cows. For laboratory studies, milk and blood samples were collected from Holstein-Friesian cows with mastitis (n=20) and healthy ones (n=10) in the Novgorod region. The study to study the level of interleukin-6 (IL-6) included animals with infectious cow mastitis caused by Streptococcus spp. The levels of IL-6 in milk from cows with both clinical mastitis and subclinical mastitis compared with the control group at maximum values corresponded to: 1069.47±0.33 pg/ml versus 4004.96±0.25 pg/ml in group with clinical mastitis (CM), $p < 0.05$; and against 1903.22 pg/ml in the group with subclinical mastitis (SCM), $p < 0.05$. The levels of IL-6 in the milk of healthy cows were 1066.99±0.33 pg/ml and were significantly lower by 1.7-3.7 times than in the milk of all cows suffering from mastitis caused by Streptococcus spp. A difference was detected in the levels of IL-6 in the blood serum between the results obtained in the group of animals with CM and SCM (1069.47±0.13 pg/ml versus 700.99±0.22 pg/ml). The concentration of IL-6 in the blood serum of healthy cows was in the range of 633.49±0.53 pg/ml and differed from the level of IL-6 in the blood serum of all groups

of cows suffering from clinical or subclinical mastitis (700.99±0 .52 pg/ml and 1069.47±0.33 pg/ml, respectively). Our results suggest that cows suffering from mastitis caused by Streptococcus spp. develop a local immune response in the udder in response to the pathogen. Thus, monitoring the level of interleukin-6 in milk may allow early detection of mastitis, which is especially important in cases of subclinical inflammation of the mammary gland.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Антоневский И.В., Плешакова В.И., Локтева А.С., Лещева Н.А.Видовой состав и антибиотикорезистентность бактериальных изолятов, выделенных от животных Омской области. Вестник КрасГАУ. 2023; 6 (195):97-103.

2.Герунов Т.В., Герунова Л.К., Плешакова В.И., Конев А.В.Оппортунистические инфекции у животных: причины распространения и меры профилактики. Вестник КрасГАУ.2022; 10 (187): 152-160.

3.Киреева Л.С., Макавчик С.А. Идентификация и изучение антибиотикорезистентности бактерий, выделенных из маститного молока.Бактериология.2018; 3 (1): 67-70.

4.Макавчик С.А., Сухинин А.А., Кротова А.Л., Селиванова Л.В., Приходько Е.И.Этиологическая структура возбудителей мастита коров и их характеристика чувствительности к антибактериальным препаратам в Северо-Западном регионе.Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии.2020;№ 1, С. 66-71.

5.Смирнова Л.И., Приходько Е.И., Макавчик С.А. Атипичные свойства Streptococcus dysgalactiae -возбудителей мастита коров. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2020; № 4: 56-59.

6.Smirnova L.I., Makavchik S.A., Sukhinin A.A., Prikhodko E.I., Zabrovskaya A.V. Bacteriological monitoring of the pathogens of mastitis in dairy complex of the northwest region of the Russian Federation. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019; T.10.№ 1:2013 -2020.

7.Bochniarz M, Ziomek M, Szczubiał M, Dąbrowski R, Wochnik M, Kurek Ł, Kosior-Korzecka U, Nowakiewicz A. Interleukin-6 as a Milk Marker of Clinical and Subclinical Intramammary Infections (IMI) in Cows Caused by Streptococcus spp. Animals (Basel).2024;№ 4;14(7):1100. doi: 10.3390/ani14071100.

8.Bochniarz M., Szczubiał M., Brodzki P., Krakowski L., Dąbrowski R. Serum amyloid A as an marker of cow's mastitis caused by Streptococcus sp. Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis. 2020;72:101498. doi: 10.1016/j.cimid.2020.101498.

9.Burakova I., Gryaznova M., Smirnova Yu., Morozova P., Mikhalev V., Zimnikov V., Latsigina I., Shabunin S., Mikhailov E., Syromyatnikov M.Association of milk microbiome with bovine mastitis before and after antibiotic therapy/ Veterinary World. 2023: 2389-2402.

10.Vitenberga-Verza Z., Pilmane M., Šerstņova K., Melderis I., Gontar Ł., Kochański M., Drutowska A., Maróti G., Prieto-Simón B.Identification of Inflammatory and Regulatory Cytokines IL-1α-, IL-4-, IL-6-, IL-12-, IL-13-, IL-17A-, TNF-α-, and IFN-γ-Producing Cells in the Milk of Dairy Cows with Subclinical and Clinical Mastitis. Pathogens. 2022;11:372. doi: 10.3390/pathogens11030372.

11.Wang N, Zhou C, Basang W, Zhu Y, Wang X, Li C, Chen L, Zhou X. Mechanisms by which mastitis affects reproduction in dairy cow: A review.Reprod Domest Anim. – 2021.- №56(9) –P.1165-1175. doi: 10.1111/rda.13953.

REFERENCES

1.Antonevsky I.V., Pleshakova V.I., Lokteva A.S., Lescheva N.A. Species composition and antibiotic resistance of bacterial isolates isolated from animals in the Omsk region. Bulletin of KrasGAU. 2023; 6 (195):97-103.

2.Gerunov T.V., Gerunova L.K., Pleshakova V.I., Konev A.V. Opportunistic infections in animals: causes of spread and preventive measures. Bulletin of KrasGAU.2022; 10 (187): 152-160.

3. Kireeva L.S., Makavchik S.A. Identification and study of antibiotic resistance of bacteria isolated from mastitis milk. Bacteriology. 2018; 3(1): 67-70.

4. Makavchik S.A., Sukhinin A.A., Krotova A.L., Selivanova L.V., Prikhodko E.I. Etiological structure of causative agents of cow mastitis and their characteristics of sensitivity to antibacterial drugs in the North -West region. Questions legal regulation in veterinary medicine. 2020; No. 1, pp. 66-71.

5. Smirnova L.I., Prikhodko E.I., Makavchik S.A. Atypical properties of Streptococcus dysgalactiae, the causative agent of cow mastitis. Issues of legal regulation in veterinary medicine. 2020; No. 4: 56-59.

6. Smirnova L.I., Makavchik S.A., Sukhinin A.A., Prikhodko E.I., Zabrovskaya A.V. Bacteriological monitoring of the pathogens of mastitis in dairy complex of the north-west region of the Russian Federation. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019; T.10.No. 1:2013 -2020.

7. Bochniarz M, Ziomek M, Szczubiał M, Dąbrowski R, Wochnik M, Kurek Ł, Kosior-Korzecka U, Nowakiewicz A. Interleukin-6 as a Milk Marker of Clinical and Subclinical Intramammary Infections (IMI) in Cows Caused by Streptococcus spp. Animals (Basel).2024;№ 4;14(7):1100. doi: 10.3390/ani14071100.

8. Bochniarz M., Szczubiał M., Brodzki P., Krakowski L., Dąbrowski R. Serum amyloid A as an marker of cow's mastitis caused by Streptococcus sp. Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis. 2020;72:101498. doi: 10.1016/j.cimid.2020.101498.

9. Burakova I., Gryaznova M., Smirnova Yu., Morozova P., Mikhalev V., Zimnikov V., Latsigina I., Shabunin S., Mikhailov E., Syromyatnikov M.Association of milk microbiome with bovine mastitis before and after antibiotic therapy/ Veterinary World. 2023: 2389-2402.

10. Vitenberga-Verza Z., Pilmane M., Šerstņova K., Melderis I., Gontar Ł., Kochański M., Drutowska A., Maróti G., Prieto-Simón B.Identification of Inflammatory and Regulatory Cytokines IL-1α-, IL-4-, IL-6-, IL-12-, IL-13-, IL-17A-, TNF-α-, and IFN-γ-Producing Cells in the Milk of Dairy Cows with Subclinical and Clinical Mastitis. Pathogens. 2022;11:372. doi: 10.3390/ pathogens11030372.

11. Wang N, Zhou C, Basang W, Zhu Y, Wang X, Li C, Chen L, Zhou X. Mechanisms by which mastitis affects reproduction in dairy cow: A review.Reprod Domest Anim. – 2021.- №56(9) –P.1165-1175. doi: 10.1111/rda.13953.

УДК: 579.842.16:616.9:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.20

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ АССОЦИИРОВАННЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ МАСТИТОВ КОРОВ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Смирнова Л.И. * – канд. ветеринар. наук, доц., доц. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии (ORCID: 0000-0002-4367-8386); **Забровская А.В. –** д-р ветеринар. наук, доц. кафедры паразитологии имени В.Л. Якимова (ORCID: 0000-0003-2655-75555);
Макаров А.В. – студ.

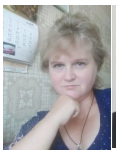
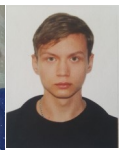
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*lubov965@rambler.ru

Ключевые слова: *коровы, маститы, лабораторная диагностика, бактериологические исследования, Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa, Proteus sp., Shewanella sp., чувствительность к антибиотикам.*

Key words: *cows, mastitis, laboratory diagnostics, bacteriological studies, Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa, Proteus sp., Shewanella sp., antimicrobial susceptibility.*

Поступила: 19.07.2024 **Принята к публикации:20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024

РЕФЕРАТ

Маститы являются одной из главных проблем молочного животноводства, причиняющей значительный экономический ущерб вследствие снижения продуктивности, затрат на лечение и ранней выбраковки больных животных. Как правило, маститы имеют бактериальную этиологию, протекают как в виде моно-, так и ассоциированной инфекции. Нами было проведено мониторинговое бактериологическое исследование проб молока коров и смывов с доильного оборудования в промышленном комплексе по производству молока в Ленинградской области. Исследовали 120 проб молока при клинически выраженном (45) и скрытом мастите (15), а также пробы молока здоровых коров (30) и смывы с доильного оборудования (30). Выделили 94 культур микроорганизмов, у которых были определены биологические свойства. Определяли чувствительность к антимикробным препаратам (АМП) следующих групп: цефалоспорины, карбапенемы, аминогликозиды, монобактамы, тетрациклины, сульфаниламиды, хинолоны, полимиксины. Этиологическим фактором возникновения маститов у коров в данном хозяйстве является ассоциация колиформных микроорганизмов и *Pseudomonas* spp. Доминирующая роль принадлежит *Klebsiella pneumoniae* subsp. *pneumoniae*. Выделены 28 культур *K. pneumoniae* в ассоциации с другими микроорганизмами. В 36,7% случаев это ассоциация *K. pneumoniae* и *Proteus mirabilis*. В 14,4% - ассоциация *K. pneumoniae* и *Pseudomonas aeruginosa*, в 37% случаев – *K. pneumoniae* и *Escherichia coli*, в 11,9% случаев – *K. pneumoniae, Staphylococcus aureus* и *Shewanella* sp. Изоляты *Shewanella* sp. обладали

лецитиназной и гемолитической активностью, были галофильны и слабовирулентны для белых мышей при подкожном заражении. Практически все выделенные микроорганизмы были устойчивы по меньшей мере к одному АМП. Таким образом, в данном животноводческом предприятии сформировался биоценоз микроорганизмов, являющихся потенциальными возбудителями гнойно-септических болезней, в том числе мастита. Для предотвращения заболевания маститами необходимы комплексные меры по санации животноводческого помещения и оборудования с целью элиминации персистирующей в нём ассоциации микроорганизмов.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

При содержании и эксплуатации крупного рогатого скота в условиях крупных промышленных комплексов ветеринарные специалисты и персонал часто сталкиваются с проблемой возникновения у животных ассоциированных бактериальных инфекций, проявляющихся у взрослых коров маститами и вульвовагинитами, а у молодняка – бронхитами, бронхопневмониями и поражением желудочно -кишечного тракта.

Бактериальные маститы, вызываемые оппортунистической микрофлорой – одна из наиболее актуальных проблем промышленного молочного животноводства. Резервуар возбудителей таких маститов – окружающая среда (подстилка, почва, навоз, предметы доильного оборудования, различные рабочие поверхности животноводческих помещений и молочного цеха). Практически все микроорганизмы, инфицирующие вымя, при наличии предрасполагающих условий могут вызвать в тканях молочной железы воспалительные процессы. В частности, в отдельных хозяйствах выявляют ассоциированные колиформные маститы и маститы, вызванные *Pseudomonas* spp. Они наносят колоссальный вред здоровью и угрожают жизни ценных высокопродуктивных животных [7].

Энтеробактерии и *Pseudomonas* spp. широко распространены в окружающей среде. Часто они обитают на слизистых оболочках носовой полости, верхних дыхательных путей и кишечника, выделяются с экскрементами. Они живут также в скошенной траве, гниющем сене, опавшей листве и хвое деревьев, луговой и лесной почве, морской и речной воде. Часто они являются психрофильными олиготрофными микроорганизмами, имеют возможность размножаться, используя небольшое количество органических веществ, содержащихся в прудовом и озёрном иле, торфе, стружках, опилках, различных влажных поверхностях.

В молочную железу коров такие возбудители – «природные патогены», «патогены окружающей среды» - могут проникать лимфогенным и гематогенным путями, но чаще всего это галактогенный путь – через сосковый канал. При этом часто инфицирование происходит даже не во время доения, а во время отдыха коровы на постилке, контаминированной микроорганизмами. Предрасполагающими факторами являются нарушение санитарно-гигиенических условий содержания, негативные климатические явления (сквозняки, жаркая или, наоборот, морозная погода, повышенная влажность в животноводческих помещениях). Очень сильно ослабляет иммунитет животных круглогодичное стойловое содержание без возможности выгула и доступа к солнечному свету и свежему воздуху. В таких условиях в воздухе помещений скапливается большое количество содержащих микроорганизмы аэрозолей, количество микробных клеток резко превышает нормативы, местный микробизм является одним из сильнейших стресс-факторов и для молодняка, и для взрослых коров. Для эффективного оздоровления поголовья важны комплексные диагностические мероприятия, в том числе мониторинговые бактериологические исследования.

Цель исследования – изучение биологических свойств, патогенного потенциала возбудителей бактериальных маститов. Задача исследования - выделение и идентификация возбудителей маститов, изучение этиологической значимости выделенных микроорганизмов, а также определе-

ние их чувствительности к антимикробным препаратам

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В условиях промышленного комплекса по производству молока, расположенного в Ленинградской области, было проведено мониторинговое бактериологическое исследование проб секрета молочной железы лактирующих коров, эксплуатируемых в условиях безвыгульного беспривязного содержания. Исследовали пробы молока животных с диагностированным скрытым (15) и клинически проявившимся (45) маститом, а также пробы молока здоровых коров (30) и смывы с молочных стаканов после дойки (30). Пробы молока в количестве 40 мл брали в доильном зале в стерильные пластиковые контейнеры. Предварительно проводили тщательную обработку и дезинфекцию вымени мыльным раствором и 70%-этанолом, обсушивали вымя одноразовыми салфетками и сдаивали первые струйки молока в отдельную ёмкость. Смывы с молочных стаканов брали слегка увлажнёнными физиологическим раствором стерильными ватными тампонами и помещали во «влажную камеру» в стерильных пробирках [2]. В лабораторию пробы доставляли в изотермическом контейнере при температуре 4о С. Микроскопию и первичные посевы на питательные среды проводили не позднее 2-х часов после окончания отбора проб.

Первичные посевы проводили, используя питательные среды: ГРМ-агар, МПБ, кровяной агар с 5% дефибринированной кровью барана, желточно-солевой агар Чистовича, среду Сланетца и Бертли (энтерококк-агар), среды для энтеробактерий – Эндо и Плоскирева. Для дифференциации *Pseudomonas* spp и *Shewanella* spp. использовали среду Кинг-1, а также селективную питательную среду «Псевдомонас-АПС (по Сиволодскому Е.П) и селективную среду с иргазаном для выделения *Shewanella* spp. (по Сиволодскому Е.П., патент РФ 2435845) [6]. Посев проводили по 0,1 мл на каждую среду. Инкубировали в термостате при температуре 37^{o} С в течение 18 – 24 часов.

Полученные чистые культуры бактерий исследовали, определяя морфологические, тинкториальные, культурально-биохимические свойства и вирулентность в биопробах на белых мышах. Выделенные микроорганизмы идентифицировали согласно действующим нормативным документам и определяли их чувствительность к антибактериальным препаратам, руководствуясь Клиническими рекомендациями «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам», версия-2018-03, методом дисков с использованием среды Мюллера-Хинтона (производства HiMedia) и дисков с антибактериальными препаратами производства ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера (набор дисков для оценки антибиотикочувствительности энтеробактерий и псевдомонад – возбудителей внебольничных инфекций), а также с помощью автоматической микробиологической системы «VITEC COMPACT 2» [1,3]. *Shewanella* spp. идентифицировали также протеометрическим методом, с использованием анализатора Bruker Daltonik MALDI Biotyper.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Были проведены исследования 120 проб. Из секрета молочной железы коров при скрытом и клинически проявляющемся мастите и смывов с доильных стаканов выделили 94 культуры бактерий, в том числе 57 культур видов, имеющих ветеринарное значение. Установили, что в большинстве случаев в секрете молочной железы коров, больных маститом в данном промышленном комплексе, были обнаружены колиформные бактерии и *Pseudomonas* spp. Выделены 28 культур *K. pneumoniae* в ассоциации с другими микроорганизмами: в 37,0% случаев - ассоциация *K. pneumoniae* и *Escherichia coli*, в 36,7% случаев - ассоциации *K. pneumoniae* и *Proteus mirabilis*, в 11,9% случаев – *K. pneumoniae, Staphylococcus aureus* и *Shewanella* spp., в 4,4% это была ассоциация *K. pneumoniae* и *Pseudomonas*

aeruginosa. Из проб молока здоровых коров были выделены единичные бактериальные клетки *Enterococcus faecium*, *Micrococcus* sp., *Pseudomonas fluorescens* (непатогенная микрофлора).

Все изученные культуры были вирулентны для белых мышей, при подкожном введении 0,2 мл смыва суточной агаровой культуры с концентрацией 1 млрд микробных клеток вызывали их гибель в течение 4-5 дней после заражения.

Выделенные культуры *K. pneumoniae* были факультативно психрофильными, хорошо росли при температуре культивирования от +4°С до +37°С, наиболее активный рост проявляли при комнатной температуре +20-22°С и без доступа света, на средах, содержащих лактозу. Они обладали ярко выраженной способностью к образованию биоплёнки - слизеподобного матрикса, то есть были гипермукоидными. Их колонии на плотных питательных средах имели крупный размер до 12-14 мм, округлую форму, плоскоприподнятый профиль и влажную тянущуюся консистенцию.

Изоляты *K. pneumoniae* обладали β-лактамазой расширенного спектра действия (БЛРС) и проявляли резистентность к антибактериальным препаратам не-

Таблица 1 – Микроорганизмы, выделенные при мониторинговом исследовании молока коров промышленного животноводческого комплекса

№	Вид материала	Количество проб, n=120	Выделенные микроорганизмы	Количество культур, n=94
1	Молоко при острой и подострой форме мастита до лечения	30	*K.pneumoniae* *P.mirabilis* *P.aeruginosa* *E. coli* *Shewanella* spp. *S. aureus*	10 5 4 8 5 2
2	Молоко при подостром мастите после лечения	15	*K.pneumoniae* *P.mirabilis*	8 4
3.	Молоко при скрытом мастите	15	*K. pneumoniae* *S.aureus* *E.faecium* *Shewanella* spp.	4 2 11 2
4.	Молоко клинически здоровых коров	30	*E.faecium* *Micrococcus* spp. *P.fluorescens*	13 6 1
5.	Смывы с доильных аппаратов:	30		
5.1.	До доения (чистого)	5		0
5.2.	После доения коров с маститами	10	*K. pneumoniae* *E.faecium*	5 3
5.3.	После доения и промывки моюще-дезинфицирующим средством	5		0
5.4.	Смывы из стакана с раствором для обработки сосков до доения (во время использования)	5	*K.pneumoniae*	1
5.5.	Смывы со стакана с дезинфицирующим раствором для обработки сосков после доения	5	-	0
	Всего	120		94

скольких фармакологических групп: аминогликозидам (тобрамицину, амикацину, гентамицину), β-лактамам (ампициллину, амоксиклаву, цефепиму, цефотаксиму), тетрациклину, ко-тримоксазону. Такие биологические свойства затрудняют проведение лечения, так как спектр эффективных АМП ограничен. [4].

Культуры *Proteus* spp. характеризовались обильным ростом, образовывали толстую влажную вуалеобразную плёнку на поверхности плотных сред без ингибиторов, при росте культур наблюдался сильный неприятный запах гниющих молочных продуктов.

Изоляты *P. mirabilis* проявляли устойчивость к фторхинолонам (ципрофлоксацину, ломефлоксацину, налидиксовой кислоте), сульфаниламидам, ко-тримоксазолу, тетрациклину, полимиксину, аминогликозидам (стрептомицин, гентамицин), нитрофурантоину, β -лактамам.

В ассоциации выделенных при бактериологическом исследовании молока коров, больных маститом, микроорганизмов в ряде случаев присутствовали *P. aeruginosa*. Псевдомонозные маститы часто носят сверхострую форму, быстро развиваются после ранения вымени или попадании микроорганизмов через сосок. Однако, в данном случае псевдомонады не вызывали сверхострого течения мастита и не приводили к резкому ухудшению общего состояния коров. Выделенные культуры *Pseudomonas* spp. отличались пониженной способностью выделять пиоцианин, проявляющийся в достаточной степени только на среде Кинг-1 [6]. На среде ГРМ *P. aeruginosa* образовывали плоские, спаянные со средой, серебристо-серые, блестящие колонии с волнистым краем («маргаритки») и запахом «земляничного мыла». Вокруг колоний среда слегка прокрашивалась в зеленовато-жёлтый или розовато-серый цвет.

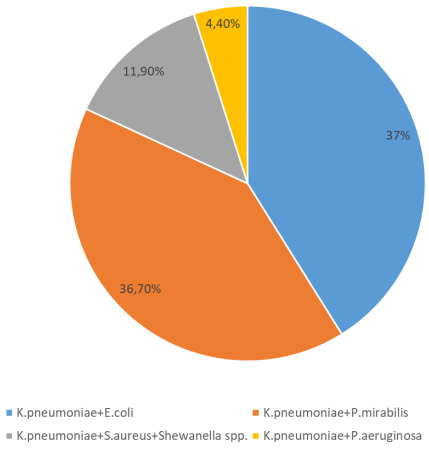


Рисунок 1 – Ассоциации микроорганизмов, выделенные из молока коров при мастите.

Все изоляты проявляли чувствительность к амикацину, штаммы *P. aeruginosa* и *P. extremorientalis* – к меропенему, все штаммы были устойчивы к имипенему, цефепиму, азтреонаму, дорипенему. Культуры были слабовирулентны для белых мышей, вызывали их заболевание и гибель одной из двух мышек через 5 дней после заражения.

Обращает на себя внимание факт выделения из исследованного биологического материала бактерии *Shewanella* spp. По своим морфологическим свойствам *Shewanella* spp. сходна с *Pseudomonas* spp. и энтеробактериями, растёт на аналогичных средах. Обычно *Shewanella* spp. выделяют из проб водной фауны и флоры, а также при выявлении в молочных и мясных продуктах возбудителей биологической порчи [2]. Но в данном случае *Shewanella* spp. в ассоциации с колиформными микроорганизмами можно считать одним из возбудителей мастита. Выделенные в ассоциации с *Klebsiella* spp., *Shewanella* spp. обладали сильными протеолитическими свойствами, вирулентностью для мышей. Принадлежность выделенных бактерий к роду *Shewanella* spp. определяли по виду колоний: зелёного цвета с чёрным центром или тёмно-серых, окруженных зоной помутнения на элективной среде для *Shewanella* spp. с игразаном, бромтимоловым синим и рифампицином (по Сиволодскому Е.П) [6]. Автоматической микробиологической системой «VITEC

COMPACT 2» данные изоляты были идентифицированы как *Shewanella putrefaciens*. Аналогичный результат получен при идентификации изолятов протеометрическим методом в аппарате MALDI-TOFF. Однако эти результаты вызвали сомнение, так как полученные культуры были галофильными, на желточно-солевом агаре Чистовича росли в виде сочных, выпуклых розовато-желтых колоний, сливающихся между собой, и проявляли выраженную лецитиназную активность в виде широких зон помутнения с радужным блеском вокруг образующихся на этой среде колоний. Также они проявляли гемолитическую активность на кровяном агаре и были слабовирулентны для белых мышей. Согласно литературным данным, такие биологические свойства характерны для другого вида – *Shewanella algae* [6].

Выделенные культуры *Shewanella* spp. проявляли резистентность к большинству тестируемых антибактериальных препаратов, были чувствительны к гентамицину, цефепиму, хлорамфениколу

Таблица 2 – Чувствительность к антибиотикам культур *Pseudomonas spp.*, выделенных из молока

	Цефепим	Амикацин	Дорипенем	Меропенем	Имипенем	Азтиреонам
P. aeruginosa	R	S	зтн	S	R	R
P. extremorientalis	R	S	зтн	S	зтн	R
P. fluorescens	R	S	зтн	зтн	R	R
P. putide	R	S	R	R	R	R
P. sinxantis	R	S	зтн	зтн	R	R

R - устойчивый штамм;
S – чувствительный штамм;
Зтн – зона технической неопределенности.

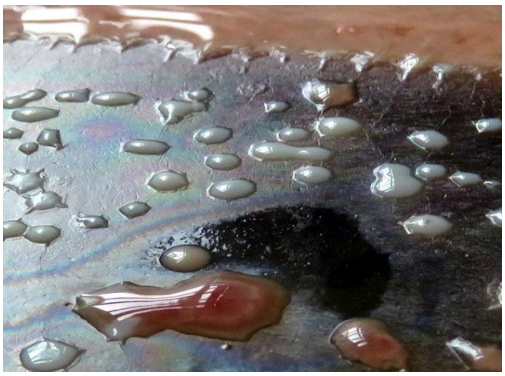


Рисунок 2 – Рост культур Shewanella spp.(сливающиеся розовато-жёлтые колонии) и Staphylococcus aureus (округлые белые колонии) на желточно-солевом агаре.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

На основании полученных результатов сделан вывод, что одной из причин болезней молочной железы коров в условиях промышленного производства молока является комплексное патогенное воздействие сформировавшейся в животноводческом помещении ассоциации энтеробактерий и *Pseudomonas* spp., в том числе близкой к *Pseudomonas* spp. и обычно не обладающей вирулентностью *Shewanella* spp. Лечение животных осложняется трудностью подбора АМП, связанной с устойчивостью микроорганизмов. Сформировавшийся патогенный биоценоз хорошо сохраняется во внешней среде, вероятно, имеет возможность даже размножаться на влажных поверхностях оборудования доильного зала, откуда попадает на вымя коров [5]. Ассоциация бактерий взаимно усиливает вирулентность

каждого вида, что приводит к комплексному болезнетворному воздействию на организм лактирующих коров. Необходимы комплексные меры по санации животноводческого помещения с бактериологическим мониторингом точек контроля и использованием схемы «всё пусто - всё занято».

DIAGNOSTICS OF ASSOCIATED COLIFORM MASTITIS OF COWS IN INDUSTRIAL COMPLEX CONDITIONS

Smirnova L.I.*, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, (ORCID: 0000-0002-4367-8386); **Zabrovskaia A.V.**, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, (ORCID: 0000-0003-2655-75555); **Makarov A.V.**, student.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*lubov965@rambler.ru

ABSTRACT

Mastitis is one of the main problems of dairy farming, causing significant economic damage due to reduced productivity, treatment costs and early culling of sick animals. As a rule, mastitis has a bacterial etiology, occurs both as a mono- and associated infection. We conducted a bacteriological monitoring study of cow milk samples and swabs from milking equipment in an industrial complex for milk production in the Leningrad region. 120 milk samples were examined for clinically expressed (45) and latent mastitis (15), as well as milk samples from healthy cows (30) and swabs from milking equipment (30). 94 isolates of microorganisms were obtained, in which biological properties were established. Susceptibility to antimicrobials was determined to: cephalosporins, carbapenems, aminoglycosides, monobactams, tetracyclines, sulfonamides, quinolones, polymyxins. The etiological factor of the occurrence of mastitis in cows in this farm is the association of coliform microorganisms and *Pseudomonas* spp. The main pathogen is *Klebsiella pneumoniae* subsp. *pneumoniae*. In 36.7% of cases, this is an association of *K. pneumoniae* and *Proteus mirabilis*. In 14.4% there was an association of *K. pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa*, in 37% of cases – *K.pneumoniae* and *Escherichia coli*, in 11.9% of cases – *K. pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* and *Shewanella* spp. Isolates of *Shewanella* spp. had lecithinase and hemolytic activity, were halophilic and slightly virulent for white mice with subcutaneous infection. Almost all isolated microorganisms were resistant to at least one antimicrobial. Thus, a biocenosis of microorganisms has been formed in this livestock enterprise, which are potential pathogens of purulent-septic diseases, including mastitis. To prevent mastitis disease, comprehensive measures are needed to sanitize livestock premises and equipment in order to eliminate the persistent association of microorganisms in it.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Клинические рекомендации «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам». Версия-2018-03.

2. Клиническая ветеринарная микробиология: учебное пособие /Смирнова Л.И., Макавчик С.А. – СПб: Издательство МВВ, 2022 – 228 С.

3. Макавчик, С.А. Лабораторные методы контроля полирезистентных возбудителей бактериальных болезней животных и рациональное применение антимикробных препаратов: монография / Макавчик СА., Сухинин А.А., Енгашев С.В., Кротова А.Л. – Санкт-Петербург: изд-во ВВМ, 2021.-С.152с.: ил.

4. Макавчик, С. А. Антибиотикорезистентность Klebsiella pneumoniae и практическое значение для ветеринарной медицины / С. А. Макавчик, М. С. Борисова // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2023. – № 1. – С. 26-30. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.1.26.

5. Смирнова Л.И. Роль бактерий рода Klebsiella при ассоциированных инфекциях коров и телят в условиях промышленного комплекса / Л.И.Смирнова,

А.В.Забровская, Е.И.Приходько, В.Э.Ярикова, Д.М.Гегирова // Международный вестник ветеринарии. – 2014., - №3. – С.7-11.
6. Способ выделения и идентификации бактерий рода Shewanella - патент РФ 2435845 - Сиволодский Евгений Петрович (freepatent.ru)
7. Сухинин А.А. Практикум по общей ветеринарной микробиологии. Сухинин А.А. Тулева Н.П., Белкина И.В., Смирнова Л.И. Бакулин В. А., Приходько Е.И., Макавчик С.А, Виноходов В.О. Санкт-Петербургский политологический журнал. – 2016.- С. 100.

REFEERENCES

1. Clinical recommendations "Determination of the sensitivity of microorganisms to antimicrobial drugs". Version-2018-03.
2. Clinical veterinary microbiology: textbook /Smirnova L.I., Makavchik S.A. – St. Petersburg: Publishing House MVV, 2022 – 228 P.
3. Makavchik, S.A. Laboratory methods for the control of polyresistant pathogens of bacterial animal diseases and the rational use of antimicrobial drugs: monograph / Makavchik SA., Sukhinin A.A., Engashev S.V., Krotova A.L. – St. Petersburg: Publishing house of the WWM, 2021.-p.152c.: ill.
4. Makavchik, S. A. Antibiotic resistance of Klebsiella pneumoniae and its practical significance for veterinary medicine / S. A. Makavchik, M. S. Borisova // Regulatory and legal regulation in veterinary medicine. - 2023. – No. 1. – pp. 26-30. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.1.26.
5. Smirnova L.I. The role of Klebsiella bacteria in associated infections of cows and calves in an industrial complex / L.I.Smirnova, A.V.Zabrovskaya, E.I.Prikhodko, V.E.Yarikova, D.M.Gegirova // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2014., - No.3. – pp.7-11.
6. Method of isolation and identification of bacteria of the genus Shewanella - patent of the Russian Federation 2435845 - Sivolodsky Evgeny Petrovich (freepatent.ru
7. Sukhinin A.A. Workshop on general veterinary microbiology. Sukhinin A.A. Tuleva N.P., Belkina I.V., Smirnova L.I. Bakulin V.A., Prikhodko E.I., Makavchik S.A., Vinokhodov V.O. St. Petersburg Journal of Political Science. – 2016.- p. 100.

УДК 619: 636.2.085.5:577.218.3
DOI:10.52419/issn2072-2419.2024.3.28

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ПРАЙМЕРНОЙ ТЕСТ-СИСТЕМЫ, ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕНОМНОЙ ДНК CHLAMYDOPHILA ABORTUS

Безбородова Н.А. * – канд. ветеринар. наук, зав. отд. геномных исследований и селекции животных (ORCID ID:0000-0003-2793-5001); **Кожуховская В.В.** – науч. сотр. отд. ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией (ORCID ID: 0000-0001-7924-6844); **Балышева Н.С.** – лаборант отд. экологии и незаразной патологии животных; **Томских О.Г.** – канд. вет. наук, ст. науч. сотр. отд. мониторинга и прогнозирования инфекционных болезней (ORCID ID:0000-0003-3306-8346); **Мартынов Н.А.** – лаборант отд. геномных исследований и селекции животных (ORCID ID:0000-0001-7744 -0432); **Суздальцева М.А.** – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. отд. ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией (ORCID ID:0000-0003-1528-1987); **Романова А.С.** – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. отд. мониторинга и прогнозирования инфекционных болезней (ORCID ID:0000-0003-0189-2963).

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук

*n-bezborodova@mail.ru

Ключевые слова: *крупный рогатый скот, Chlamydophila abortus, Chlamydophila pecorum, тест-системы, ПЦР, ИФА*

Key words: *cattle, Chlamydophila abortus, Chlamydophila pecorum, test systems, PCR, ELISA*

Финансирование: *в рамках Государственные задания № 0532-2021-0007 «Изучение структуры антигенного пейзажа возбудителей эмерджентных инфекций сельскохозяйственных животных, биологических особенностей механизмов их взаимодействия с макроорганизмом».*

Поступила: 02.07.2024 **Принята к публикации:20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Хламидийные инфекции животных представляют серьезную проблему, распространенную на многих континентах. Несмотря на то, что в 22% стран мира зарегистрированы случаи хламидийной инфекции животных, реальная распространенность этого заболевания может быть значительно выше из-за сложности его диагностики. На сегодняшний день в Российской Федерации отсутствует коммерческий ПЦР-набор для выявления *Chlamydophila abortus*. В связи с этим, основной **целью** нашего исследования стало проведение молекулярно-генетического исследования возбудителя хламидийной инфекции у крупного рогатого скота с использованием разработанной и оптимизированной нами праймерной ПЦР тест -системы для выявления геномной ДНК видоспецифичной *Chlamydophila abortus*. Для достижения этой цели мы провели ретроспективный анализ эпизоотологической ситуа-

ции по хламидийным инфекциям крупного рогатого скота на территории 2-х субъектов РФ. Выполнены молекулярно-биологические исследования видовой идентификации возбудителей хламидийной инфекции у крупного рогатого скота с использованием коммерческих ПЦР–наборов и оптимизированной праймерной системой для выявления геномной ДНК видоспецифичной *Chlamydophila abortus.* Ретроспективный анализ показал, что в 2018-2022 годах «хламидийная инфекция» диагностировалась в 13,4% случаях. В 51,2% случаев присутствовала ДНК возбудителя *Chlamydophila pecorum*; в 19,5 % случаев - *Chlamydophila abortus*, в 29,3 % случаев - *Chlamydia spp.* Молекулярно-генетические исследования с использованием оптимизированной праймерной тест-системы, для выявления специфичных участков ДНК *Chlamydophila abortus,* позволили выявить геномы данного возбудителя в 34% случаев. Так же в пробах были обнаружены ДНК *Chlamydophila pecorum* и *Chlamydophila psittaci*. Чаще всего ДНК *Chlamydophila abortus* выделяли из смывов с влагалища коров – 68,8%, реже из внутренних органов от павших животных. Разработанная праймерная тест-система представляет собой эффективный инструмент для дифференциальной диагностики хламидийных инфекций у крупного рогатого скота, что может обеспечить контроль над эпизоотической ситуацией по данному заболеванию.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Хламидиозы являются одними из широко распространенных инфекционных заболеваний крупного рогатого скота по всему миру [1, 2]. Вызывая различные серьезные заболевания у животных, в том числе аборты, рождение нежизнеспособных телят и пневмонии, хламидийные инфекции способствуют значительным экономическим потерям в животноводстве [1, 4, 5].

Хламидии — это облигатные внутриклеточные грамотрицательные бактерии, имеющие широкий круг хозяев. Выделяют три вида хламидий, имеющих патогенное значение для крупного рогатого скота - *Chlamydophila psittaci*, *Chlamydophila abortus* и *Chlamydophila pecorum* [3, 6]. Патогенная для птиц и людей *Chlamydophila psittaci*, по данным зарубежных авторов, часто является причиной абортов у взрослых коров и разнообразных проявлений острых респираторных заболеваний, кератоконъюнктивитов и полиартритов у телят [1, 2, 4, 5]. Поражение взрослых животных *Chlamydophila abortus* характеризуется преимущественно абортами, в основном на 7-9 месяце стельности, а также нарушениями репродуктивной функции, эндометритом, сальпингитом [4, 6, 7]. *Chlamydophila pecorum* ассоциирована с конъюнктивитом, энцефаломиелитом, энтеритом, пневмонией и полиартритом у крупного рогатого скота [5, 7, 8]. Хламидийные заболевания животных описаны на всех континентах, а в 22% стран и регионов мира зарегистрированы случаи хламидийной инфекции животных.

По данным (2021-2023 г.г.) Департамента ветеринарии Свердловской области неблагополучными по хламидиозу районами являются: Пышминский (28,57%), Талицкий (28,57%), Полевской (14,29%), Алапаевский (14,29%) и Сысертский (14,28%) [4]. Эти данные, вероятно, не отражают действительную распространенность хламидийных инфекций из-за сложности обнаружения внутриклеточного возбудителя и преимущественно хронического характера самого заболевания.

В настоящее время на территории Российской Федерации нет коммерческого ПЦР-набора на выявление *Chlamydophila abortus* [2, 3, 6]. В связи с этим, основной нашей **целью** стало проведение молекулярно-генетического исследования возбудителей хламидийной инфекции у крупного рогатого скота с использованием разработанной и оптимизированной нами праймерной системой для выявления геномной ДНК видоспецифичной *Chlamydophila abortus*.

Для выполнения этой цели были поставлены задачи:

Провести ретроспективный анализ эпизоотической ситуации по хламидиозу крупного рогатого скота на территории

Свердловской области;

Оптимизировать праймерную систему для выявления специфичного участка ДНК *Chlamydophila abortus*, подобрать протокол амплификации для детекции методом гель-электрофорез;

Провести молекулярно-генетические исследования видовой идентификации возбудителей хламидийной инфекции у крупного рогатого скота с использованием коммерческих ПЦР наборов и оптимизированной праймерной системы для выявления геномной ДНК видоспецифичной *Chlamydophila abortus.*

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования выполнены в отделе ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией, отделе мониторинга и прогнозирования инфекционных болезней, отделе геномных исследований и селекции животных Уральского НИВИ – структурном подразделении ФГБНУ УрФАНИЦУрО РАН в рамках Государственного задания Минобрнауки России № 0532-2021-0007.

Комплексные лабораторные исследования проводили в 11 животноводческих организациях Свердловской области и 3 предприятий Удмуртской республики. Всего на хламидийные инфекции в 2023 году методом полимеразной цепной реакции было исследовано 118 проб.

Биоматериал для молекулярно-биологических исследований включал смывы с влагалища коров, с носовой полости и трахеи телят, послед, патологический материал (кусочки паренхиматозных органов и кишечника) от павших животных, абортированный плод.

Для выделения ДНК из биологического материала использовали наборы «Diatom DNA Prep 200» (Россия). ПЦР-исследование проводили с использованием наборов «РеалБест-Вет ДНК Chlamydia pecorum» (Россия), «РеалБест-Вет ДНК Chlamidia psittaci» (Россия), набора на выявление ДНК Chlamydia spp. (ООО «ИнтерЛабСервис», Россия) и тест-системы на обнаружение ДНК Chlamydophila abortus компании ООО «Изоген» (Россия), приостановившей выпуск набора реагентики в 2019 году. Амплификацию коммерческих трест-систем осуществляли на приборе QuantStudio 5 (США), в состветвии с прописанными режимами в инструкции к наборам.

При оптимизации праймерной системы для выявления *Chlamydophila abortu,* нами был подобран и апробирован протокол амплификации специально под прибор CFX 96 Touch (Bio-Rad, Франция/ США). Детекция полученного ПЦР – продукта проводилась методом гель-электрофорез. Использовали размерный стандарт шагом 50 п.н. (SibEnzyme, Россия).

Для выявления *Chlamydophila abortu*s использовали нуклеотидные последовательности праймеров (Таблица 1), ранее предложенные A. Pantchev с соавторами [9].

Для выявления *Chlamydophila abortu*s использовали праймеры (Таблица 1), ранее предложенные A. Pantchev с соавторами [9]. Данные олигонуклеотидные последовательности инициируют амплификацию целевого участка гена ompA, кодирующего белки клеточной мембраны возбудителя. Так же был применен искусственно синтезированный положительный контроль ompA (83 п.н.) (Таблица 1).

Постановку ПЦР проводили с использованием Российской реагентики мастермикс «Биомастер HS-Taq ПЦР (2×)». 100 мМ Трис-HCl, pH 8.5 (при 25 °C), 100 мМ KCl, 0.4 мМ каждого дезоксинуклеозидтрифосфата, 4 мМ MgCl2, 0.06 ед. акт./мкл Taq ДНКполимеразы, 0.2% Tween 20, стабилизаторы HS-Taq ДНК-полимеразы. Для оптимизации подбирались разные концентрации веществ для отработки праймеров (включая матрицу (ДНК), ее количество, сами праймеры, синтезированный контроль плюс).

Для подбора наиболее оптимальных условий проведения реакции был произведен подбор температуры отжига праймеров. Для этого была произведена постановка ПЦР с градиентом температур по следующей программе, представленной в таблице №2.

Таблица 1– Нуклеотидные последовательности праймеров

Наименование	Последовательность 5'-3'	Длина продукта
CpaOMP1-F	GCAACTGACACTAAGTCGGCTACA	**83 п.н.**
CpaOMP1-R	ACAAGCATGTTCAATCGATAAGAGA	
ompA	GCAACTGACACTAAGTCGGCTACAATTAAAT ACCACGAATGGCAAGTTGGTTTAGCCCTCTCTT ATCGATTGAACATGCTTGT	

Таблица 2 – Программа амплификации

95 ºC	5 min	×1
94 ºC	20 sec	×35
62-56 ºC	20 sec	
72 ºC	20 sec	

Амплификацию проводили на амплификаторе Real-Time CFX 96 Touch (Bio-Rad, Франция/США).

Для тестирования специфичности праймеров использовали, образцы с выявленной ДНК *Chlamydophila pecorum* и *Chlamydophila psittaci*, выделенной из биологических проб от животных с помощью коммерческих тест-систем. Выделенную ДНК *Chlamydophila pecorum* и *Chlamydophila psittaci* использовали в качестве контроля, ввиду отсутствия коллекционных штаммов в лаборатории и вакцин на территории РФ для крупного рогатого скота против *Chlamydophila abortus*.

Также в качестве контролей использовали дополнительные коллекционные штаммы (*Escherichia coli* ATCC 8739 (Microbiologics, США), *Clostridium perfringens* ATCC 13124(ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия). Это связано с тем, что в поступающем биологическом материале от животных, чаще всего обнаруживали данные сопутствующие микроорганизмы.

Конечный результат учитывали при проведении электрофореза с применением агарозного геля и мини-камеры Mini-Sub Cell GT (Bio-Rad, США) с визуализацией в камере CHEMIDOC XRS+ и интерпретацией результатов с помощью Gel Doc XR+ (Bio-Rad, США). Для исследований на наличие специфического участка возбудителя *Chlamydophila abortus* использовали клинические образцы, подтверждённые на наличие антигена по ИФА диагностике.

Чувствительность используемых праймеров была установлена в ранее проведенных исследованиях A. Pantchev с соавторами [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Ретроспективный анализ раннее проведенных молекулярно-генетических исследований на коммерческих наборах (2018-2022 года) показал, что в 13,4% случаев диагностировалась «хламидийная инфекция» [1, 7]. Дифференцированный анализ специфических участков выделенных ДНК хламидий установил, что в 51,2 % случаев они идентифицировались как *Chlamydophila pecorum*; в 19,5 % случаев - как *Chlamydophila abortus*, в 29,3 % случаев - как *Chlamydia spp.* [1, 2, 7].

Для наработки специфичного участка гена *ompA Chlamydophila abortus* использовали праймеры ранее предложенные A. Pantchev с соавторами [9]. Данные праймеры (олигонуклеотиды) инициируют амплификацию целевого участка гена, образуя ампликон в 83 п.н. Для подбора наиболее оптимальных условий амплификации специфичного ПЦР продукта, была произведена постановка ПЦР с градиентом температур, от 62 ºC до 56 ºC соответственно. При этом нами в качестве оптимальной температуры отжига праймеров, был выбран температурный режим в 57 ºC (Рисунок 1).

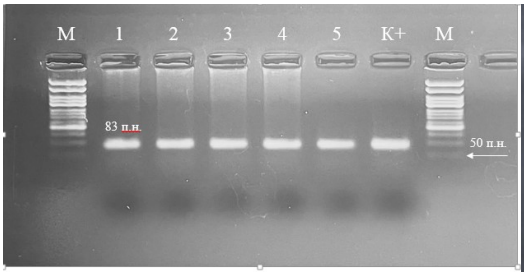


Рисунок 1 – Электрофореграмма продуктов ПЦР с праймерами, специфичными гену ompA Chlamydophila abortus: 1-5 -/положительные клинические образцы (83 п.н.), ранее подтвержденные методом ИФА-диагностикой; К (+) - искусственно синтезированный контроль плюс ompA (83 п.н.), К(-) - отрицательный контроль; М – размерный стандарт, шаг 100 п.н.

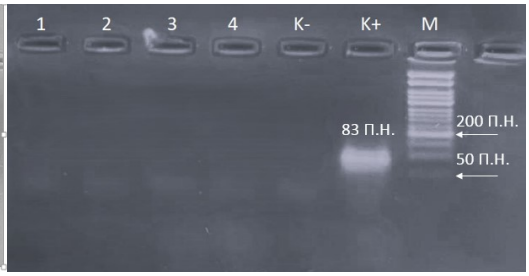


Рисунок 2 – Электрофореграмма специфичности отжига праймеров, специфичных гену ompA Chlamydophila abortus: 1- E. coli; 2- Cl. Perfringens; 3 – Chl. Psittaci; 4 – Chl. Pecorum; К «-» - отрицательный контроль; К «+» - положительный контроль; М - размерный стандарт от 50 п.н. до 1500 п.н.

При отработке специфичности праймеров, характерных гену ompA *Chlamydophila abortus* (83 п.н.) получены результаты: образцы ДНК *Chlamydophila pecorum* и *Chlamydophila psittaci* выделенные из биологического материала коммерческими наборами и ДНК коллекционных штаммов *E. coli* АТСС 8739 (Microbiologics, США), *Cl. perfringens* АТСС 13124 (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия) были отрицательными, проба ДНК положительного контроля специфичного участка *Chlamydophila abortus* (83 п.н.) положительной (Рисунок 2).

Разработанный протокол амплификации для выявления ДНК *Chlamydophila abortus* в биологическом материале от крупного рогатого скота позволил проводить дальнейшие исследования, показавшие, что ДНК хламидофилы были обнаружены в 39,8% проб. Дифференциальный анализ полученных ДНК хламидий позволил установить, что в 53,3% случаев ген возбудителя был представлен *Chlamydophila pecorum,* в 34% - *Chlamydophila abortus,* 12,7% - *Chlamydophila psittaci* (рисунок 3).

ДНК *Chlamydophila pecorum* чаще всего выделяли из смывов с влагалища коров (64 %) и трахеи телят (16 %). В 8 % случаев ДНК *Chlamydophila pecorum* обнаруживали в паренхиматозных органах от абортированных плодов и патологическом материале, реже всего геном возбудителя обнаруживали в смывах с носоглотки телят – 4%. *Chlamydophila abortus* в 68,8% случаев была выявлена в смывах с влагалища коров и в 31,2% случаев в патологическом материале от павших животных. Геном *Chlamydophila psittaci,* в большинстве случаев, выделяли из смывов с влагалища коров – 45,4%, а также из паренхиматозных органов от абортированных плодов – 9%.

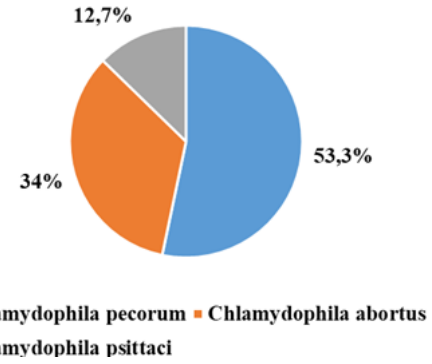


Рисунок 3 – Результаты дифференциального анализа выделенных ДНК хламидий в 2023 году (n=47).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Ретроспективный анализ раннее проведенных молекулярно-генетических исследований на коммерческих наборах (2018-2022 года) показал, что в 13,4% случаев у животных диагностировали «хламидийную инфекцию». Установлено наличие в пробах ДНК *Chlamydophila pecorum* в 51,2 % случаев, *Chlamydophila abortus* в 19,5 %, *Chlamydia spp.в* 29,3 %.

Оптимизированная праймерная система для выявления специфичного участка гена *ompA Chlamydophila abortus* с подобранным протоколом инициировала амплификацию целевого участка гена, образуя ампликон в 83 п.н. Праймеры показали себя в работе специфичными участку гена ompA *Chlamydophila abortus* (82 п.н.).

В дальнейшей нашей работе будет оптимизирован протокол для выявления специфичного участка гена ompA *Chlamydophila abortus* в реально времени.

Проведенные нами молекулярно-генетические исследования с использованием оптимизированной нами праймерной системы для выявления геномной ДНК видоспецифичной *Chlamydophila abortus* позволило обнаружить геном возбудителя в 34% случаев. С помощью коммерческих наборов также выявлена ДНК *Chlamydophila pecorum* в 53,3% случаев, *Chlamydophila psittaci* в 12,7% случаев.

Чаще всего ДНК *Chlamydophila abortus* выделяли из смывов с влагалища коров – *68,8%,* реже из патологического материала от павших животных.

Разработанная нами ПЦР тест-система для выявления геномной ДНК видоспецифичной *Chlamydophila abortus* позволила дополнить и ускорить проведение лабораторной дифференциальной диагностики хламидийных инфекций крупного рогатого скота.

MOLECULAR-BIOLOGICAL STUDY OF CAUSES OF PERSISTENT CHLAMYDIAL INFECTION IN CATTLE: APPLICATION OF DEVELOPED PCR TEST SYSTEM FOR DETECTING *CHLAMYDOPHILA ABORTUS*

Bezborodova N.A.[1 *] - Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Department of Genomic Research and Animal Breeding (ORCID ID: 0000-0003-2793-5001); **Kozhukhovskaya V.V**.[1] - Researcher of the Department of Veterinary Laboratory Diagnostics with a Testing Laboratory (ORCID ID: 0000-0001-7924-6844); **Balysheva N.S.**[1] - Laboratory Assistant of the Department of Ecology and Non-Infectious Pathology of Animals; **Tomskikh O.G.**[1] - Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher of the Department of Monitoring and Forecasting of Infectious Diseases (ORCID ID: 0000-0003-3306-8346); **Martynov N.A.**[1] - laboratory assistant of the Department of Genomic Research and Animal Breeding (ORCID ID: 0000-0001-7744-0432); **Suzdaltseva M.A.**[1] - candidate of veterinary sciences, senior researcher of the Department of veterinary laboratory diagnostics with a testing laboratory (ORCID ID: 0000-0003-1528-1987); **Romanova A.S.**[1] - candidate of veterinary sciences, senior researcher of the Department of Monitoring and Forecasting of Infectious Diseases (ORCID ID: 0000-0003-0189-2963).

Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science

*n-bezborodova@mail.ru

ABSTRACT

Chlamydial infections in animals are a serious problem spread across many continents. Despite the fact that 22% of the world's countries have reported cases of chlamydial infection in animals, the actual prevalence of this disease may be much higher due to the difficulty of diagnosing it. To date, there is no commercial PCR kit for the detection of Chlamydophila abortus in the Russian Federation. In this regard, the main goal of our study was to conduct a molecular genetic study of the causative agent of chlamydial infection in cattle, using a primer PCR test system developed and optimized by us to detect the genomic DNA of species-specific Chlamydophila abortus. To

achieve this goal, we conducted a retrospective analysis of the epizootological situation regarding chlamydial infections of cattle in the territory of 2 constituent entities of the Russian Federation. Molecular biological studies of species identification of causative agents of chlamydial infection in cattle were carried out using commercial PCR kits and an optimized primer system to detect genomic DNA of species-specific Chlamydophila abortus. A retrospective analysis showed that in 2018-2022, "chlamydial infection" was diagnosed in 13.4% of cases. In 51.2% of cases, DNA from the pathogen Chlamydophila pecorum was present; in 19.5% of cases - Chlamydophila abortus, in 29.3% of cases - Chlamydia spp. Molecular genetic studies using an optimized primer test system to identify specific DNA regions of Chlamydophila abortus allowed us to identify the genomes of this pathogen in 34% of cases. DNA from Chlamydophila pecorum and Chlamydophila psittaci was also found in the samples. Most often, Chlamydophila abortus DNA was isolated from cow vaginal swabs - 68.8%, less often from internal organs from dead animals. The developed primer test system is an effective tool for the differential diagnosis of chlamydial infections in cattle, which can provide control over the epizootic situation for this disease.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Безбородова, Н.А. Роль ПЦР в диагностике видоспецифичного хламидиоза у крупного рогатого скота / Н.А. Безбородова, В.В. Кожуховская, О.В. Соколова и др. // Агарный вестник Урала. - 2021. - №1 (204).

2.Безбородова, Н.А. Полимеразная цепная реакция в диагностике латентных, бессимптомных и хронических форм инфекционных заболеваний крупного рогатого скота / Н.А. Безбородова, В.В. Кожуховская, М.В. Петропавловский, О.Г. Томских // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. - 2019. - № 4. - С. 30-33.

3.Безбородова, Н. А. Значение ПЦР в выявлении инфекционных агентов у крупного рогатого скота на территории Уральского региона / Н. А. Безбородова, В. В. Кожуховская // Материалы международной научной конференции "наука, техника и инновационные технологии в период Возрождения новой эпохи могущественного государств, Ашхабад, 12–13 июня 2022 года. Том 1. – Ашхабад: Издательство «Наука» Академии наук Туркменистана, 2022. – С. 265-268.

4.Информация о регистрации случаев заразных, в том числе особо опасных болезней животных на территории Свердловской области в 2021-2023 годах // Департамент ветеринарии Свердловской области URL: https://vet.midural.ru/document/category/count/0 (дата обращения: 25.01.24).

5.Печура, Е.В. Значение лабораторных исследований в системе эпизоотологической характеристики и оптимизации эпизоотологического надзора за острыми респираторными вирусными инфекциями крупного рогатого скота / Е. В. Печура, О. Г. Петрова, А. П. Порываева и др. // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2020. – № 4(13). – С. 151-158.

6.Соколова, О.В. Патоморфологические изменения в системе "мать-плацента-плод" у коров при хламидиозе / О.В. Соколова, И.А. Шкуратова, Л.И. Дроздова, Л.В. Халтурина // Ветеринария. – 2020. – № 12. – С. 9-12.

7.Шилова, Е. Н. Острые респираторные вирусные болезни крупного рогатого скота / Е.Н. Шилова, Е.В. Печура, О.Г. Петрова, К.П. Югров // БИО. - 2019. - № 4 (223). - С. 30-33

8.Шкуратова, И.А. Программы контроля инфекционных факторов, влияющих на репродуктивную функцию высокопродуктивных молочных коров / И.А. Шкуратова, Е.Н. Шилова, О.В. Соколова, и др. // Ветеринария и кормление. - 2020. - №2. - С.54-57.

9.Pantchev, A. Detection of all Chlamydophila and Chlamydia spp. of veterinary interest using species-specific real-time PCR assays /A. Pantchev, R. Bauerfeind, J. Tyczka, K. Sachse // Comp Immunol Microbiol Infect Dis. - 2010. - №33. - P. 473–484.

REFERENCES

1.Bezborodova, N.A. Rol' PTSR v diagnostike vidospetsifichnogo khlamidioza u krupnogo rogatogo skota / N.A. Bezborodova, V.V. Kozhukhovskaia, O.V. Sokolova i dr. // Agarnyi vestnik Urala. - 2021. - no1 (204).

2.Bezborodova, N.A. Polimeraznaia tsepnaia reaktsiia v diagnostike latentnykh, bessimptomnykh i khronicheskikh form infektsionnykh zabolevanii krupnogo rogatogo skota / N.A. Bezborodova, V.V. Kozhukhovskaia, M.V. Petropavlovskii, O.G. Tomskikh // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniia v veterinarii. - 2019. - no 4. - S. 30-33.

3.Bezborodova, N. A. Znachenie PTSR v vyiavlenii infektsionnykh agentov u krupnogo rogatogo skota na territorii Ural'skogo regiona / N. A. Bezborodova, V. V. Kozhukhovskaia // Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii “nauka, tekhnika i innovatsionnye tekhnologii v period Vozrozhdeniia novoi epokhi mogushchestvennogo gosudarstv, Ashkhabad, 12–13 iiunia 2022 goda. Tom 1. Ashkhabad: Izdatel'stvo «Nauka» Akademii nauk Turkmenistana, 2022. pp. 265-268.

4.Informatsiia o registratsii sluchaev zaraznykh, v tom chisle osobo opasnykh boleznei zhivotnykh na territorii Sverdlovskoi oblasti v 2021-2023 godakh // Departament veterinarii Sverdlovskoi oblasti URL: https://vet.midural.ru/document/category/count/0 (data obrashcheniia: 25.01.24).

5.Pechura, E.V. Znachenie laboratornykh issledovanii v sisteme epizootologicheskoi kharakteristiki i optimizatsii epizootologicheskogo nadzora za ostrymi respiratornymi virusnymi infektsiiami krupnogo rogatogo skota / E. V. Pechura, O. G. Petrova, A. P. Poryvaeva i dr. // Veterinarnyi farmakologicheskii vestnik. 2020. no 4(13). pp. 151-158.

6.Sokolova, O.V. Patomorfologicheskie izmeneniia v sisteme "mat'-platsenta-plod" u korov pri khlamidioze / O.V. Sokolova, I.A. SHkuratova, L.I. Drozdova, L.V. KHalturina // Veterinariia. 2020. no 12. pp. 9-12.

7.Shilova, E. N. Ostrye respiratornye virusnye bolezni krupnogo rogatogo skota / E.N. SHilova, E.V. Pechura, O.G. Petrova, K.P. IUgrov // BIO. - 2019. - no 4 (223). - S. 30-33

8.Shkuratova, I.A. Programmy kontrolia infektsionnykh faktorov, vliiaiushchikh na reproduktivnuiu funktsiiu vysokoproduktivnykh molochnykh korov / I.A. Shkuratova, E.N. SHilova, O.V. Sokolova, i dr. // Veterinariia i kormlenie. - 2020. - no2. - S.54-57.

9.9) Pantchev, A. Detection of all Chlamydophila and Chlamydia spp. of veterinary interest using species-specific real-time PCR assays /A. Pantchev, R. Bauerfeind, J. Tyczka, K. Sachse // Comp Immunol Microbiol Infect Dis. - 2010. - no33. - P. 473–484.

УДК: 619:579.6
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.36

ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ БАКТЕРИОФАГОВ ПРИ КЕРАТОКОНЬЮНКТИВИТЕ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Пименов Н.В. – д-р биол. наук, проф. каф. иммунологии и биотехнологии (ORCID: 0000-0003-1658-1949); **Иванникова Р.Ф.**[*] – канд. биол. наук, доц. каф. физиологии, фармакологии и токсикологии (ORCID: 0000-0002-3522-0447); **Айгинин А.А.** – студ. (ORCID: 0009-0002-8001-886X); **Евтеев Н. А.** – студ. (ORCID: 0009-0008-3018-3633).

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина»

[*] regiotf@yandex.ru

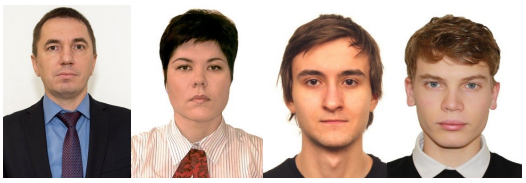
Ключевые слова: *кератоконъюнктивит, бактериологическое исследование, Moraxella bovis, Moraxella bovoculi, бактериофаги.*

Key worlds: *keratoconjunctivitis, bacteriological examination, Moraxella bovis, Moraxella bovoculi, bacteriophages.*

Финансирование: *Материалы подготовлены в рамках конкурса Российского научного фонда 2023 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами» (соглашение № 24-26-00168 от 29.12.2023 г).*

Поступила: 27.08.2024

Принята к публикации:20.09.2024
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Инфекционный кератоконъюнктивит крупного рогатого скота – высококонтагиозное заболевание, широко распространенное во многих странах мира с развитым молочным и мясным животноводством, причиняющий большой экономический ущерб. Это контагиозное заболевание, характеризующееся слезотечением, гиперемией сосудов конъюнктивы, светобоязнью, серозно-гнойным истечением, помутнением и изъязвлением роговицы, деформацией глазного яблока в виде кератоглобуса или кератоконуса, частичной или полной потерей зрения пораженного глаза животного. Основными возбудителями кератоконьюнтикита являются *Moraxella bovis* и *Moraxella bovoculi*. В связи с развитие множественной лекарственной устойчивости к различным противомикробным химиотерапевтическим лекарственным препаратам возникает необходимость в поиске альтернативных антибактериальных средств, к которым можно отнести бактериофаги. В настоящей работе стояла цель, выделить специфичные к *Moraxella bovis* и *Moraxella bovoculi* бактериофаги. С этой целью были отобраны 13 образцов с животноводческого хозяйства в Подмосковье. По результатам спот-теста из образцов получены два бактериофага,

один имел специфичность только к *Moraxella bovoculi*, второй обладал литической активностью как к *Moraxella bovoculi*, так и к *Moraxella bovis*. Активность по методу Аппельмана составляла от 10^{-6} и 10^{-7} для *Moraxella bovoculi* и 10^{-4} для *Moraxella bovis*. По методу Грациа урожайность составляла $3{,}2\times10^{7}$; 4×10^{6} для *Moraxella bovoculi* и 2×10^{4} бляшкообразующих единиц для *Moraxella bovis*. Специфичность литического спектра была подтверждена на культурах *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* и *Pasteurella multocida*.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Причиной возникновения инфекционного кератоконъюнктивита крупного рогатого (моракселлеза) чаще всего являются бактерии *M. bovis* и *M. bovoculi*. Заболевание влечёт за собой серьёзный экономический ущерб для сферы животноводства. Специфическая профилактика на данный момент не имеет широкого распространения, вакцины не обладают необходимым защитным эффектом [4]. В связи с этим для лечения кератоконъюнктивита крупного рогатого скота активно применяется терапия с использованием антибиотиков. Но различные исследования из разных географических районов мира показывают снижение восприимчивости *M. bovis* и *M. bovoculi* к антибиотикам [3,5,6]. В связи с этим возникает потребность в использовании новых антибактериальных агентов. Такой заменой могут стать бактериофаги. Говоря об их значимости в лечении инфекционного кератоконъюнктивита крупного рогатого скота, важно упомянуть патогенез этой болезни. Основной локализацией бактерий является роговица и конъюнктива глаз [1,2,7]. В таком случае воспалительный процесс развивается непосредственно снаружи. Одной из особенностей бактериофагов является высокий эффект при местном применении. Данное отличие повышает актуальность выделения бактериофагов к *M. bovis* и *M. bovoculi*.

Цель исследования состоит в выделении бактериофагов, литически активных в отношение *M. bovoculi* и *M. bovis*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Культуры *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Pasteurella multocida, M. bovis* и *M. bovoculi*, на которых производилось исследование, были взяты из библиотеки штаммов кафедры иммунологии и биотехнологии Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина.

Образцы, в которых, предположительно, мог находиться моракселёзный бактериофаг, были взяты из подмосковного хозяйства. Всего было отобрано 13 образцов. 2 образца были взяты от здоровых коров из конъюнктивы глаз, ещё 2 образца были отобраны из того же места у коров с клиническими проявлениями кератоконъюнктивита. 2 образца были взяты из носовой жидкости здоровых коров и из того же места ещё 2 от коров с кератоконъюнктивитом. Ещё 4 образца были собраны из подстилки больных и здоровых животных. Последний образец был взят из места общего сбора сточных вод стойл коров. Все образцы отбирались в стерильные одноразовые ёмкости.

Полученный материал был пропущен через бумажный фильтр с диаметром пор – 10 мкм. Далее фильтрат был разлит по пробиркам типа эппендорф объёмом в 1,5 мл. Для осаждения тяжёлых компонентов заполненные эппендорфы были помещены в центрифугу «CENTRIFUGE CM-50», центрифугирование образцов происходило при 8000 об/мин в течение 30 минут. Полученный супернатант отбирали с помощью дозаторов «Колор, 20-200 мкл» и «Колор, 100-1000 мкл» со стерильными наконечниками. Надосадочную жидкость вносили в стерильные стеклянные тюбики объёмом 50 мл. С помощью одноразовых шприцов и шприцевых фильтров с диаметром пор в 0,22 мкм происходила конечная фильтрация фагов от бактерий и других посторонних элементов. Для получения более концентрированной суспензии бактериофагов фильтрат в объёме 200

мкл помещали в бульонные суточные культуры *M. bovis* и *M. bovoculi*. Через 24 часа процедуру фильтрации повторяли.

При оценке первичной специфичности бактериофага были сделаны спот-тесты. Для этого была приготовлена суспензия *M. bovis* и *M. bovoculi* в соотношении $1{,}5\times10^8$ КОЕ/мл (колониеобразующих единиц). Из каждой суспензии суточной культуры мораксела было отобрано по 100 мкл и внесено по отдельным одноразовым чашкам Петри диаметром 90 мм, в которых предварительно был разлит агар с сердечно-мозговым экстрактом «Condalab». Внесённые суспензии бактерий были растёрты микробиологическим шпателем для получения сплошного газона. Из суспензии, в которой, предположительно, находился бактериофаг, было отобрано 150 мкл. На чашки были внесены капли со всеми 13 тестируемыми образцами. Далее чашки инкубировали в термостате в течение 24 часов при температуре 37 ºС.

Оценка результатов спот-теста проводилась визуальным методом. Поверхность питательной среды осматривалась на наличие зоны подавления роста микроорганизмов. Диаметр пятен измерялся линейкой.

Оценку активности выделенных бактериофагов проводили по методу Аппельмана и Грациа [2].

Специфичность литической культуры подтверждали на суточных культурах *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* и *Pasteurella multocida*.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Капля фильтрата, полученного из конъюнктивы глаза больной коровы, дала лизис на культуре *M. bovoculi* в виде прозрачного округлого пятна с гладкими краями диаметром 5 мм, но тот же образец не дал никакого эффекта на культуре *M. bovis*. Ещё один образец, отобранный из места общего сбора сточных вод стойл с коровами, дал лизис обоих культур мораксела в виде полупрозрачного округлого пятна с шероховато-гладкими краями диаметром 5 мм для *M. bovis* и прозрачного округлого пятна с гладкими краями диаметром 7 мм для *M. bovoculi*.

Литическая активность для бактериофага, специфичного к *M. bovoculi* составила 10^{-7} по методу Аппельмана. Для бактериофага, проявляющего специфичность к обоим культурам, активность составила 10^{-4} для *M. bovis* и 10^{-6} для *M. bovoculi*. Урожайность по методу Грациа составила $3{,}2\times10^7$; 2×10^4; 4×10^6 БОЕ/мл, соответственно.

По результатам оценки литического спектра не было обнаружено чувствительности бактериофагов к культурам *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* и *Pasteurella multocida*.

Второй полученный фаг представляет больший интерес для использования в лечебной терапии кератоконъюнктивита крупного рогатого скота. Полученный вирус способен давать лизис бактериальных клеток как *M. bovis*, так *M. bovoculi*.

Опыт выделения бактериофагов против мораксела очень органичен, поэтому полученные результаты имеют большую важность для дальнейшего развития темы замещения антибиотиков в антибактериальной терапии инфекционного кератоконъюнктивита.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Получены два литически активных моракселёзных бактериофага. Результаты по методам Аппельмана и Грациа говорят о высокой активности выделенных фагов. Полученные фаги являются потенциально лечебными в антибактериальной терапии инфекционного кератоконъюнктивита.

FEATURES OF BACTERIOPHAGE ISOLATION IN BOVINE KERATOCONJUNCTIVITIS

Pimenov N. V. – Professor of the Department of Immunology and Biotechnology, Doctor of Biological Sciences (ORCID: 0000-0003-1658-1949); **Ivannikova R. F.*** – Associate Professor of the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology, Candidate of Biological Sciences (ORCID: 0000-0002-3522-0447); **Aiginin A. A.** – student (ORCID: 0009-0002-8001-886X); **Evteev N. A.** – student (ORCID: 0009-0008-3018-3633).

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Skryabin»

*regiotf@yandex.ru

Financing: *The materials were prepared within the framework of the 2023 Russian Science Foundation competition "Conducting Basic Scientific Research and exploratory scientific research by small individual scientific groups" (Agreement No. 24-26-00168 of 12/29/2023).*

ABSTRACT

Infectious bovine keratoconjunctivitis is a highly contagious disease that is widespread in many countries of the world with developed dairy and meat farming, causing great economic damage. This is a contagious disease characterized by lacrimation, hyperemia of conjunctival vessels, photophobia, serous-purulent discharge, opacification and ulceration of the cornea, deformation of the eyeball in the form of keratoglobus or keratoconus, partial or complete loss of vision of the affected eye of the animal. The main causative agents of keratoconjunctivitis are Moraxella bovis and Moraxella bovoculi. Due to the development of multidrug resistance to various antimicrobial chemotherapeutic drugs, there is a need to search for alternative antibacterial agents, which can include bacteriophages. In this work, the goal was to isolate bacteriophages specific to Moraxella bovis and Moraxella bovoculi. For this purpose, 13 samples were selected from a livestock farm in the Moscow region. According to the results of the spot test, two bacteriophages were obtained from the samples, one had specificity only to Moraxella bovoculi, the second had lytic activity as to Moraxella bovoculi, and to Moraxella bovis. The activity according to the Appelman method ranged from 10^{-6} and 10^{-7} for Moraxella bovoculi and 10-4 for Moraxella bovis. According to the Grazia method, the yield was 3.2×10^{7}; 4×10^{6} for M. bovoculi and 2×10^{4} plaque-forming units for M. bovis. The specificity of the lytic spectrum was confirmed in cultures of Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus and Pasteurella multocida.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Мохаммед, З. С. Патогенная роль Moraxella и направления в борьбе с моракселлезной инфекцией / З. С. Мохаммед, Н. В. Пименов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2023. – № 1. – С. 73-83. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202301007. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50366030

2.Байгазанов, А. Н. Инфекционный кератоконьюнктивит (моракселлез) крупного рогатого скота в Восточном Казахстане / А. Н. Байгазанов, Э. А. Абдуллина // Евразийский союз ученых. – 2020. – № 9-3(78). – С. 49-53. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44217026

3.ОФС.1.7.1.0002.15 «Бактериофаги лечебно-профилактические». Режим доступа: https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-7-1-0002-15-bakteriofagi-lechebno-profilakticheskie/

4.Angelos JA, Ball LM, Byrne BA. Minimum inhibitory concentrations of selected antimicrobial agents for Moraxella bovoculi associated with infectious bovine keratoconjunctivitis. J Vet Diagn Invest. 2011 May;23(3):552-5. doi: 10.1177/1040638711404154.

5.Angelos JA, Elizalde P, Griebel P. Bovine Immune Responses to Moraxella bovis and Moraxella bovoculi Following Vaccination and Natural or Experimental Infections. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2021 Jul;37(2):253-266. doi: 10.1016/j.cvfa.2021.03.002.

6.Maboni G, Gressler LT, Espindola JP, Schwab M, Tasca C, Potter L, de Vargas AC. Differences in the antimicrobial susceptibility profiles of Moraxella bovis, M. bovoculi and M. ovis. Braz J Microbiol. 2015 Jun 1;46(2):545-9. doi: 10.1590/S1517-838246220140058. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26273272/

7.McConnel CS, Shum L, House JK. Antimicrobial susceptibility of Australian bovine Moraxella isolates. Aust Vet J. 2007 Jan-Feb;85(1-2):70-1. doi: 10.1111/j.1751-

0813.2006.00108.x.

REFERENCES

1.Mohammed, Z. S. The pathogenic role of Moraxella and directions in the fight against moraxella infection / Z. S. Mohammed, N. V. Pimenov // Veterinary medicine, animal science and biotechnology. - 2023. – No. 1. – pp. 73-83. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202301007.

2.Baigazanov, A. N. Infectious keratoconjunctivitis (moraxellosis) of cattle in East Kazakhstan / A. N. Baigazanov, E. A. Abdullina // Eurasian Union of Scientists. – 2020. – № 9-3(78). – Pp. 49-53. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=4421702

3.OFS.1.7.1.0002.15 "Bacteriophages therapeutic and prophylactic". URL: https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-7-1-0002-15-bakteriofagi-lechebno-profilakticheskie

4.Angelos JA, Ball LM, Byrne BA. Minimum inhibitory concentrations of selected antimicrobial agents for Moraxella bovoculi associated with infectious bovine keratoconjunctivitis. J Vet Diagn Invest. 2011 May;23(3):552-5. doi: 10.1177/1040638711404154.

5.Angelos JA, Elizalde P, Griebel P. Bovine Immune Responses to Moraxella bovis and Moraxella bovoculi Following Vaccination and Natural or Experimental Infections. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2021 Jul;37(2):253-266. doi: 10.1016/j.cvfa.2021.03.002. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34049657/

6.Maboni G, Gressler LT, Espindola JP, Schwab M, Tasca C, Potter L, de Vargas AC. Differences in the antimicrobial susceptibility profiles of Moraxella bovis, M. bovoculi and M. ovis. Braz J Microbiol. 2015 Jun 1;46(2):545-9. doi: 10.1590/S1517-838246220140058.

7.McConnel CS, Shum L, House JK. Antimicrobial susceptibility of Australian bovine Moraxella isolates. Aust Vet J. 2007 Jan-Feb;85(1-2):70-1. doi: 10.1111/j.1751-0813.2006.00108.x.

УДК: 636.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.41

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАРТИНЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЗАПЯСТНОГО СУСТАВА КОЗ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ НОСИТЕЛЯМИ ВИРУСА АРТРИТА-ЭНЦЕФАЛИТА КОЗ

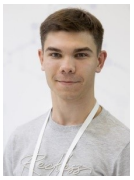
Сычев И.А.*[1] – асп. каф. хирургии, акушерства и микробиологии (ORCID 0000-0001-8182-0403); **Барашкин М.И**.[1] – д-р ветеринар. наук, проф. каф. хирургии, акушерства и микробиологии (ORCID 0000-0002-8865-3027); **Лазарева А.А.**[1] – канд. ветеринар. наук, доц. каф. хирургии, акушерства и микробиологии (ORCID 0000-0001-9650-4788); **Печура Е.В**.[2]- д-р ветеринар. наук, вед. науч. сотрудник (ORCID 0000-0003-1344-4834).

[1] ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»
[2] ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»

*ilyasychev1999@gmail.com

***Ключевые слова**: ультразвуковое исследование, заболевания суставов, разрушение хряща, АЭК*
***Keywords:** ultrasound, joint diseases, cartilage destruction, CAE*

Поступила: 27.08.2024 **Принята к публикации:20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Ультразвуковая диагностика патологий опорно-двигательного аппарата распространена как в ветеринарии, так и в медицине человека. Такой метод исследования позволяет визуализировать анатомические структуры сустава для определения патологических изменений в отдельных участках. Вирус артрита -энцефалита коз является одним из видов инфекционных агентов, влияющих на состояние суставов у коз. Клинические признаки наблюдаются в основном у взрослых коз, но могут возникать и у молодняка в возрасте от 6 месяцев. Болезнь характеризуется длительным бессимптомным вирусоносительством с последующим развитием признаков поражения органов дыхания, суставов конечностей и вымени, а также центральной нервной системы. В статье описаны результаты проведения ультразвуковых исследований запястного сустава коз разных возрастных групп (от 1 года до 4 лет), пораженных вирусом артрита-энцефалита коз. По результатам клинического обследования дистального отдела грудных конечностей у исследуемых коз, патологические изменения выявлены у 75% животных старше полутора лет. При ультразвуковом исследовании визуализировали сухожилия, параартикулярные ткани, суставные поверхности костей, хрящи, наличие остеофитов и свободных хондромных тел. Были определены основные ультрасонографические признаки поражения суставных поверхностей и окружающих тканей при артрите-энцефалите коз, а именно наличие жидкостных включений в околосуставных тканях, утолщение сухожилий, деформация хряща, субхондральная поверхность костей и минерализованные включения. Так у животных в возрасте до полу-

тора лет выявлены признаки, свойственные начальной стадии артроза, при отсутствии выраженной клинической картины. Таким образом, применение УЗИ позволит проводить раннюю диагностику поражений суставов у животных на предприятиях неблагополучных по артриту-энцефалиту коз.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Метод ультразвуковой диагностики широко распространен для выявления патологий опорно-двигательной системы. УЗИ является эффективным способом получения важных показателей, позволяющих оценить состояние околосуставных мягких тканей, суставных поверхностей, а также связок и сухожилий. Методика активно применяется как в ветеринарии мелких домашних животных и лошадей, так и в медицине человека, однако для коз такой способ на настоящий момент используется крайне редко [6].

Патологии опорно-двигательного аппарата имеют различную причину, примерами таких факторов являются: заболевания, возникшие вследствие нарушений технологии и условий содержания и кормления животных; врожденные аномалии развития; деформация костной системы у молодняка; травмы; инфекционные заболевания; дистрофические и дегенеративные процессы. Одной из наиболее часто встречающихся инфекций, влияющей на состояние суставов коз, является вирус артрита-энцефалита коз.

Артрит-энцефалит коз (АЭК) – хроническое заболевание проявлением которого является симптомокомплекс, характеризующийся развитием демиелинизирующего энцефалита, прогрессирующего артрита и интерстициальной пневмонии. Данный лентивирус относится к семейству Retroviridae, близок к вирусу висна-маэди. Артрит-энцефалит коз относится к медленно развивающимся инфекциям [3].

Клинические признаки наблюдаются в основном у взрослых коз, но могут возникать и у молодняка в возрасте от 6 месяцев. Болезнь характеризуется длительным бессимптомным вирусоносительством с последующим развитием признаков поражения органов дыхания, суставов конечностей и вымени, а также центральной нервной системы. При АЭК отмечают увеличение объема суставов и хромоту различной степени тяжести, чаще всего поражаются суставы запястья. Начало артрита может быть острым или хроническим, но клиническое течение всегда прогрессирует. Клинические признаки АЭК не являются патогномоничными, поэтому, сталкиваясь с данной симптоматикой, ветеринарные специалисты часто ставят ложные диагнозы, что приводит к низкой эффективности терапевтических мероприятий [1,9].

Методы специфической профилактики этого заболевания пока не разработаны. Данное заболевание поражает коз различных пород и возрастных групп. Для разработки системы профилактики АЭК немаловажное значение имеют методы лабораторной диагностики, применение которых обусловлено необходимостью выделения возбудителя и выявления антител. Диагностика АЭК осуществляется методами РДП, ИФА и ПЦР в режиме реального времени [2,7,8]. Меры борьбы сводятся к проведению в неблагополучном хозяйстве ветеринарно-санитарных мероприятий, выявлению и выбраковке больных и серопозитивных животных [4].

Кроме лабораторных методов диагностики, позволяющих установить вирусную природу заболевания, мы предлагаем использование инструментальных методов диагностики на примере УЗИ для определения признаков и стадии поражения опорно-двигательного аппарата животных. Исследование суставов при помощи ультразвука позволяет точно визуализировать различные структуры, находящиеся в области сустава, например, связки, параартикулярные ткани, хрящ, полость (при наличии), включения, костную поверхность [5].

Целью работы является выявление ультразвуковой картины изменений в запястных суставах коз разных возраст-

ных групп, являющихся носителями вируса артрита-энцефалита.

При выполнении научной работы были поставлены следующие **задачи**:

1. Определить степень распространения патологий дистального отдела конечностей по результатам клинического осмотра исследуемых животных

2. Оценить возможности УЗИ при определении ранних признаков заболеваний запястных суставов у коз, являющихся носителями вируса артрита-энцефалита.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Работа выполнена на кафедре хирургии, акушерства и микробиологии ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, в лаборатории вирусных болезней отдела мониторинга и прогнозирования инфекционных болезней ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН и одном из козоводческих предприятий Свердловской области, неблагополучном по артриту-энцефалиту коз, в 2022-2024 годах. Объектом исследования послужили козы альпийской породы в возрасте от 1 до 4 лет. На предприятии применяется круглогодичная стойловая система содержания. Животные содержатся на глубокой подстилке. В качестве подстилочного материала используется опил. По результатам ретроспективного анализа на предприятии лабораторно подтверждена циркуляции вируса АЭК.В ходе диспансеризации проводили анализ условий содержания животных и их клиническое обследование (оценивали положение тела в пространстве, упитанность, наличие признаков нарушения минерального обмена и патологии дистального отдела конечностей). По результатам клинического осмотра животных (n=24) распределили на три возрастные группы в равных количествах:

1 группа – животные без клинических проявлений артрита (возраст от 1 до 1,5 лет);

2 группа – животные с умеренным увеличением объема сустава (возраст 1,5-3 года);

3 группа – козы с значительным увеличениям объема тканей сустава (возраст 3-4 года).

При выполнении инструментальных исследований был использован портативный ультразвуковой сканер HEALCERION SONON 300L, представляющий собой линейный многочастотный аппарат 5МГц / 7,5 МГц / 10 МГц. Визуализация осуществлялась через встроенный WiFi и отображалась на планшете Samsung Tab 2. Ультразвуковое обследование осуществляли в продольном и поперечном направлении, с каудальной, краниальной, латеральной и медиальной сторон. Перед проведением диагностики был удален волосяной покров, а кожа покрыта гелем средней вязкости «Медиагель». При исследовании запястного сустава оценивали следующие структуры и их параметры: общий разгибатель пальцев и лучевой разгибатель запястья: однородность, толщина, оболочка, симметричность волокна, наличие жидкостных включений под и над сухожилием; эхоструктура параартикулярных тканей; суставные поверхности: субхондральные зоны, наличие остеофитов, краевые костные эрозии; наличие жидкости в полости сустава и околосуставных тканях; хрящ: оценка толщины, разрушение, нарушение конгруэнтности, разволокнение; толщина синовиальной оболочки; наличие кист и дополнительных включений. Обработка полученных эхосканов и проведение замеров осуществляли в программе RadiAnt DICOM Viewer. Работа с данными проведена с использование стандартного пакета программ Microsoft Office.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате клинического осмотра у животных отмечено: нормальное положение тела в пространстве, пропорциональное телосложение, средняя степень упитанности, нежная конституция и отсутствие хромоты. У животных в возрасте до полутора лет клинические признаки заболевания дистального отдела грудных конечностей не выявлены. Данные, полученные в ходе исследования отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Патологии, выявленные при клиническом осмотре в дистальном отделе грудных конечностей

Группа / Показатель	1 группа(n=8)	2 группа (n=8)	3 группа (n=8)
Клинические признаки заболеваний дистального отдела грудных конечностей	Отсутствуют	Визуальное увеличение запястного сустава	Визуальное увеличение запястного сустава. Деформация анатомической формы
Процент животных в группе с выявленным клиническими признаками патологии запястного сустава	0	75	75

Таблица 2 – Ультразвуковые патологии анатомических структур запястного сустава

Группа / Структура	1 группа (n=8)	2 группа (n=8)	3 группа (n=8)
Общий пальцевый разгибатель	Однородная эхоструктура, симметричность волокна сохранена. Патологические включения не выявлены	Однородная эхоструктура, симметричность волокна сохранена. Патологические включения не выявлены	Однородная эхоструктура, симметричность волокна сохранена. Визуализируется наличие свободной жидкости в области под связкой (единичные включения)
Лучевой разгибатель запястья	Однородная эхоструктура, симметричность волокна сохранена. Патологические включения не выявлены	Однородная эхоструктура, симметричность волокна сохранена. Патологические включения не выявлены	Неоднородная структура с гипоэхогенными включениями и анэхогенным ободком
Околосуставные ткани	Мелкие единичные включения жидкости. Слабо выражена отечность	Множественные анэхогенные включения мелкой и средней величины. Выражена отечность тканей. Расслоение.	Обилие жидкостных (анэхогенных) включений относительно большого объема. Значительная отечность. Расслоение.
Хрящ	Одинаковой толщины на визуализированных участках	Неравномерное утолщение. Наличие участков фрагментации.	Неравномерное утолщение. Локальная деструкция до 3мм. Разрушение хряща
Суставные поверхности	Локальные (единичные) участки неровности	Неровность субхондральной поверхности	Неровность субхондральной поверхности
Дополнительные включения	Не выявлены	Мелкие минерализованные включения	Минерализованные включения в области костей. Изолированные хондромные тела

У 18 животных в возрасте старше полутора лет отмечали признаки заболевания дистального отдела грудных конечностей – увеличение объема мягких тканей запястного сустава. При пальпации болезненности не отмечали. После проведения

ультразвукового исследования запястных суставов у коз в продольных и поперечных плоскостях и анализа эхосканов, нам удалось выявить морфологические изменения различных анатомических структур (таблица 2).

У коз в возрасте до полутора лет в околосуставных тканях определяли мелкие единичные включения жидкости, на суставных поверхностях визуализировали локальные участки неровности. У животных второй группы в структуре сухожилий качественных изменений не выявлено, в околосуставных тканях определены множественные жидкостные включения различной величины, суставные поверхности неровные и визуализируются минерализованные включения в области сустава. У животных старше трех лет в области общего пальцевого разгибателя выявлены жидкостные включения, в структуре общего разгибателя запястья обнаружены гипоэхогенные включения, в околосуставных тканях установлено обилие жидкостных включений, хрящ имеет участки деструкции, суставные поверхности деформированы, определено наличие свободных хондромных тел в области сустава.

Обработка количественных данных осуществлялась путем сравнения их между группами животных и выявления изменений относительно друг друга, так как использование общепринятых норм в настоящий момент времени не представляется возможным ввиду их отсутствия в доступных источниках информации. Результаты, полученные при проведении измерений представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Измерение анатомических структур и областей запястного сустава (средние арифметические величины)

Группа Структура	1 группа (n=8)	2 группа (n=8)	3 группа (n=8)
Общий пальцевый разгибатель (при поперечном измерении), мм	1,4 ± 0,18	2 ± 0,2	2,2 ± 0,13
Лучевой разгибатель запястья (при поперечном измерении), мм	2 ± 0,07	3 ± 0,31	3,9 ± 0,32
Толщина хряща, мм	1,4 ± 0,12	1,4 ± 0,11	1,5 ± 0.23
Дополнительные включения (остеофиты и свободные хондромные тела) диаметр, мм	-	1,5 ± 0,5	2,2 ± 0,23

У животных первой группы значения толщины сухожилий минимальны, по сравнению с другими группами. Утолщение общего пальцевого разгибателя при поперечном измерении в 1,4 раза и в 1,7 раза наблюдалось у животных второй и третьей групп соответственно, относительно группы молодых животных. Более значительные отличия наблюдали в изменениях лучевого разгибателя запястья. У животных в возрасте четырех лет отмечено утолщение этой структуры в 2 раза.

Следует отметить, что у животных старше полутора лет были выявлены остеофиты средней величины от 1,5 мм до 2,2 мм.

При анализе эхосканов у животных из всех групп были выявлены жидкостные включения в околосуставных тканях. Например, мелкое жидкостное включение визуализируется у животного из первой группы (рисунок 1). У животного из второй группы визуализируются крупные жидкостные включения в околосуставных тканях и мелкие гипоэхогенные очаги в сухожилии (рисунок 2).

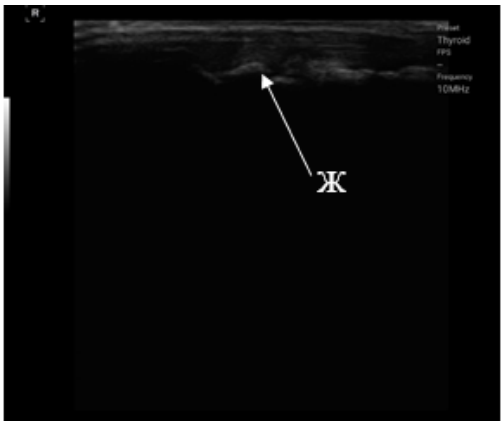


Рисунок 1 – Животное из первой группы. Продольное сканирование запястного сустава. Ж - мелкое жидкостное включение.

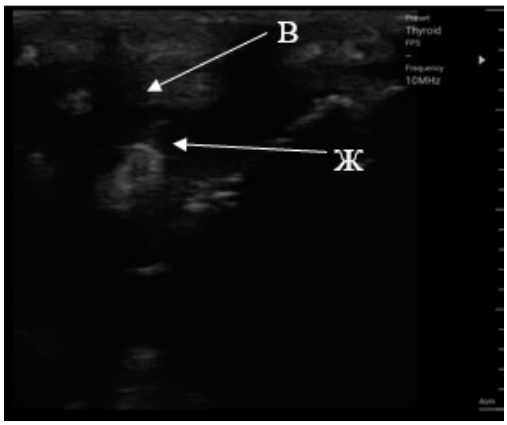


Рисунок 2 – Животное из второй группы. Продольное сканирование запястного сустава. В- включения гипоэхогенные в сухожилии. Ж – жидкостные включения.

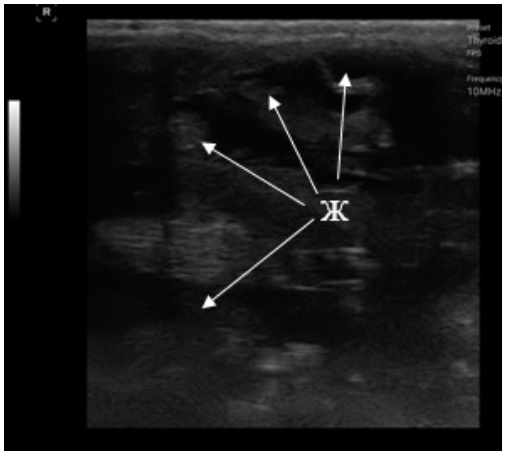


Рисунок 3 – Животное из третьей группы. Продольное сканирование запястного сустава. Ж – жидкостные включения, сообщающиеся между собой.

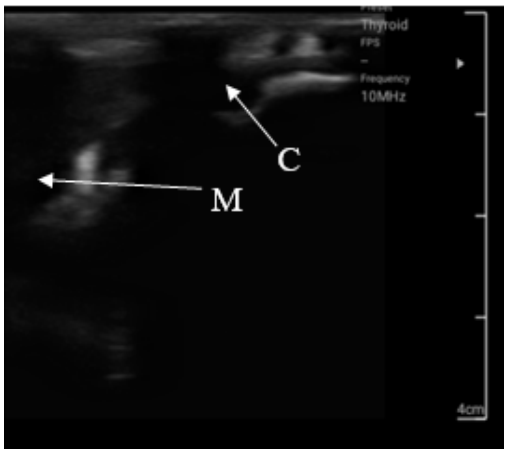


Рисунок 4 – Животное из второй группы. Поперечное сканирование запястного сустава. М – минерализованное включение. С – суставная поверхность.

При поперечном сканировании запястного сустава у животного из третьей группы отчетливо визуализируются огромные жидкостные включения, сообщающиеся друг с другом, значительная отечность параатикулярных тканей, наличие гипоэхогенных очагов в сухожилии (рисунок 3).

Эхосканы запястного сустава животных из второй и третьей групп представлены на рисунках 4 и 5 соответственно.

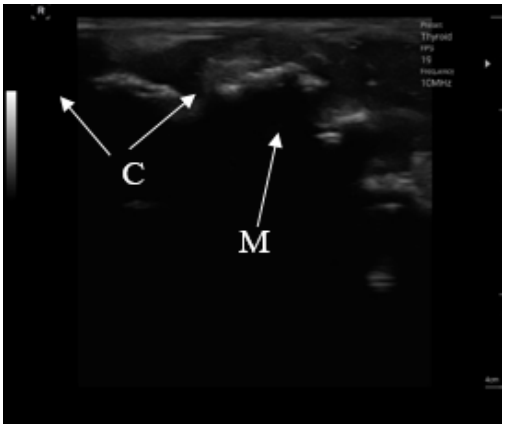


Рисунок 5 – Животное из третьей группы. Поперечное сканирование запястного сустава. М– минерализованное включение. С – суставная поверхность.

На обоих рисунках отчетливо визуализируются минерализованные включения и суставная поверхность костей. У животного из второй группы наблюдается слабовыраженная неровность субхондральной поверхности и отечность параартикулярных тканей, а у животного из третьей группы выявлена значительная деформация (неровность) суставных поверхностей.

В результате анализа эхосканов признаками поражения анатомических структур сустава являются: наличие жидкостных включений в околосуставных тканях, минерализованные включения, деформация хряща, гипоэхогенные очаги в структуре сухожилий и неровность суставных (субхондральных) поверхностей.

Так как у коз первой группы, без клинических проявлений заболеваний дистального отдела грудных конечностей, выявлены мелкие единичные анэхогенные включения и участки неровности суставных поверхностей, а у коз второй группы жидкостные включения выявлены в бо̀льшем количестве и выражена неровность суставных поверхностей, можно сделать вывод о том, что признаки, обнаруженные у животных первой группы, являются начальными при данном заболевании.

В результате комплексной диагностики патологий опорно-двигательного аппарата коз, содержащихся на предприятии неблагополучному по АЭК, было установлено наличие поражений дистального отдела конечностей у всех исследуемых животных. Морфологические нарушения в тканях сустава выявлены в 100% случаев, степень изменений и их количество имели прямую зависимость с возрастом животных

При использовании УЗ диагностики в условиях животноводческих комплексов сокращается период выявления патологических процессов в организме животных, а, следовательно, специалисты предприятия заблаговременно могут начинать программы лечебно-оздоровительных мероприятий по сохранению здоровья животных и сроков их продуктивного долголетия.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

При проведении клинического осмотра животных на козоводческом предприятии неблагополучному по артриту-энцефалиту коз у 75% особей в возрасте от полутора лет были выявлены признаки заболевания дистального отдела грудных конечностей, такие как увеличение объема мягких тканей запястного сустава и деформация его анатомической формы.

По результатам проведения комплексного ультразвукового исследования запястных суставов у коз различных возрастных групп и степени выраженности патологий определены основные ультрасонографические признаки поражения суставных поверхностей и окружающих тканей при артрите-энцефалите коз, а именно наличие жидкостных включений в околосуставных тканях, утолщение сухожилий, деформация хряща, неровность субхондральной поверхности костей и минерализованные включения. К ранним признакам поражения суставов при артрите-энцефалите коз относятся мелкие единичные включения жидкости (как следствие слабовыраженная отечность околосуставных тканей) и локальные участки неровности субхондральной поверхности костей.

Метод ультразвуковой диагностики эффективен при обследовании патологий опорно-двигательного аппарата и его применение возможно для оценки здоровья животных, а также разработки профилактических и реабилитационных мероприятий в условиях предприятия.

ULTRASOUND FEATURES OF THE CARPAL JOINT OF GOATS CARRYING GOAT ARTHRITIS-ENCEPHALITIS VIRUS ARTHRITIS-ENCEPHALITIS OF GOATS

Sychev I.A.*[1]- asp. department surgery, obstetrics and microbiology (ORCID 0000-0001-8182-0403); **Barashkin M.I**.[1] - Doctor of Veterinarian sciences, prof. department surgery, obstetrics and microbiology (ORCID 0000-0002-8865-3027); **Lazareva A.A**.[1]-candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor department surgery, obstetrics and microbiology (ORCID 0000-0001-9650-4788); **Pechura E.V**.[2] - Doctor of Veterinary Sciences, Ved. scientific employee (ORCID 0000-0003-1344-4834).

[1] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State Agrarian University"
[2] Federal State Budgetary Institution "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences"

*ilyasychev1999@gmail.com

ABSTRACT

Ultrasound diagnosis of pathologies of the musculoskeletal system is common in both veterinary and human medicine. This research method allows you to visualize the anatomical structures of the joint to determine pathological changes in individual areas. Caprine arthritis-encephalitis virus is one of the types of infectious agents that affect the condition of joints in goats. Clinical signs are observed mainly in adult goats, but can also occur in young animals as young as 6 months of age. The disease is characterized by long-term asymptomatic virus carriage with the subsequent development of signs of damage to the respiratory system, joints of the limbs and udder, as well as the central nervous system. The article describes the results of ultrasound examinations of the carpal joint of goats of different age groups (from 1 year to 4 years) affected by the goat arthritis-encephalitis virus. According to the results of a clinical examination of the distal thoracic limbs of the studied goats, pathological changes were detected in 75% of animals older than one and a half years. Ultrasound examination visualized tendons, paraarticular tissues, articular surfaces of bones, cartilage, the presence of osteophytes and free chondromic bodies. The main ultrasonographic signs of damage to the articular surfaces and surrounding tissues in goat arthritis-encephalitis were determined, namely the presence of fluid inclusions in the periarticular tissues, thickening of the tendons, cartilage deformation, subchondral surface of the bones and mineralized inclusions. Thus, in animals under the age of one and a half years, signs characteristic of the initial stage of arthrosis were revealed, in the absence of a pronounced clinical picture. Thus, the use of ultrasound will allow early diagnosis of joint lesions in animals at enterprises with goats unaffected by arthritis-encephalitis.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Коптев, В.Ю. Клинические признаки и патоморфологические изменения при артрите-энцефалите коз / В. Ю. Коптев, Н. А. Шкиль, Н. Ю. Балыбина, И. Н. Пенькова // Ветеринария сегодня. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 126-132.
2. Петрова, О.Г. Особенности распространения, диагностики и профилактики артрита-энцефалита коз (АЭК) / О. Г. Петрова, И. М. Мильштейн, Е. Н. Беспамятных, С. А. Туремский // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4(15). – С. 68-73.
3. Шилова, Е. Н. Артрит-энцефалит коз / Е. Н. Шилова, В. Ю. Коптев, И. М. Сажаев // БИО. – 2021. – № 7(250). – С. 24-29.
4. Бессарабов, Б.Ф. Инфекционные болезни животных / Б. Ф. Бессарабов, А. А. Вашутин, Е. С. Воронин и др.; Под ред. А. А. Сидорчука. — М.: КолосС, 2007. — 671 с.

5. Маннион, П. Ультразвуковая диагностика заболеваний мелких домашних животных / П. Маннион. – Москва: Аквариум, 2017. – 320 с.

6. Пенник, Д. Атлас по ультразвуковой диагностике. Исследования у собак и кошек / Д. Пеник, М. А. д'Анжу. – Москва: Аквариум-принт, 2015. – 504 с.

7. Ярчак, Дж. Исследование молока и крови коз методом ПЦР, инфицированных вирусом артрита-энцефалита коз / Дж. Ярчак, Ж. Каба, Е. Багкникка. // Генетика. – 2014. - № 1. – С. 280.

8. De Andres D. Diagnostic tests for small ruminant lentiviruses. / D. De Andres, Klein D, Watt NJ, et al Vet Microbiol. 107 (1-2): 46-62.

9. Preziuso S., Experimental maedi visna virus infection in sheep: a morphological, immunohistochemical and PCR study after three years of infection. / S. Preziuso, E. Taccini, G. Rossi, G. Renzoni, G. Braca // Eur. J. Histochem. 2003; 47 (4).

REFERENCES

1. Koptev, V.Yu. Clinical signs and pathomorphological changes in goat arthritis -encephalitis / V. Yu. Koptev, N. A. Shkil, N. Yu. Balybina, I. N. Penkova // Veterinary Medicine Today. – 2023. – T. 12, No. 2. – P. 126-132.

2. Petrova, O.G. Features of the spread, diagnosis and prevention of goat arthritis-encephalitis (AEC) / O. G. Petrova, I. M. Milshtein, E. N. Bespamyatnykh, S. A. Turemsky // Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy. – 2020. – No. 4(15). – P. 68-73.

3. Shilova, E. N. Arthritis-encephalitis of goats / E. N. Shilova, V. Yu. Koptev, I. M. Sazhaev // BIO. – 2021. – No. 7(250). – pp. 24-29.

4. Bessarabov, B.F. Infectious diseases of animals / B. F. Bessarabov, A. A. Vashutin, E. S. Voronin, etc.; Ed. A. A. Sidorchuk. - M.: KolosS, 2007. - 671 p.

5. Mannion, P. Ultrasound diagnosis of diseases of small domestic animals / P. Mannion. – Moscow: Aquarium, 2017. – 320 p.

6. Pennick, D. Atlas of ultrasound diagnostics. Studies in dogs and cats / D. Penik, M. A. d'Anjou. – Moscow: Aquarium-print, 2015. – 504 p.

7. Jarczak, J. PCR study of milk and blood of goats infected with goat arthritis-encephalitis virus / J. Jarczak, J. Kaba, E. Bagknikka. // Genetics. – 2014. - No. 1. – P. 280.

8. De Andres D. Diagnostic tests for small ruminant lentiviruses. / D. De Andres, Klein D, Watt NJ, et al Vet Microbiol. 107 (1-2): 46-62.

9. Preziuso S., Experimental maedi visna virus infection in sheep: a morphological, immunohistochemical and PCR study after three years of infection. / S. Preziuso, E. Taccini, G. Rossi, G. Renzoni, G. Braca // Eur. J. Histochem. 2003; 47 (4).

УДК: 615.33:619:636.5.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.50

ПАСТЕРЕЛЛЕЗ ПТИЦ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Овчарова Е.С.* - к. вет. н., ведущий научный сотрудник – заведующий отделом бактериологии (ORCID 00009-0006-1690-003X); **Маслов Д.В.** - канд. ветеринар. наук, старший научный сотрудник отдела бактериологии (ORCID 0009-0005-1371-6272); **Сыворотко Е.В.** – младший научный сотрудник отдела бактериологии (ORCID 0009-0007-0925-7418).

«Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства» — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства»
*ovcharova__el@bk.ru

Ключевые слова: *пастереллез, холера, птица, респираторный синдром птиц, диагностика, Pasteurella multocida*.
Key words: *pasteurellosis, cholera, poultry, avian respiratory syndrome, diagnostics, Pasteurella multocida*

Поступила: 05.09.2024 **Принята к публикации:20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ
Респираторные болезни птиц наносят большой экономический ущерб промышленному птицеводству. Одной из причин возникновения респираторного синдрома является возбудитель *Pasteurella multocida*. Это опасное инфекционное заболевание, характеризующееся высокой смертностью и поражающее птиц всех видов и всех возрастов. Пастереллез распространен по всему миру, в том числе и на территории Российской Федерации. Источником возбудителя является больные и переболевшие птицы. Переносчиками возбудителя пастереллеза могут быть грызуны, насекомые, синантропные птицы, а также животные других видов. Болезнь чаще всего принимает стационарный характер и требует постоянного эпизоотического мониторинга. Большое внимание необходимо уделять охране хозяйств от заноса возбудителя извне. Необходимо вовремя проводить профилактические мероприятия – дезинфекцию, дератизацию, дезинсекцию и соблюдать требования биобезопасности при ведении хозяйственной деятельности. Для проведения своевременной диагностики и профилактики, а также для успешного предотвращения распространения и ликвидации очагов возникновения пастереллеза необходимо постоянно актуализировать данные о болезни, дополняя их новыми сведениями о возбудителе и его распространении. Для специфической профилактики болезни необходимо использовать вакцины, отвечающие современным обязательным требованиям по основным показателям безопасности и эффективности. Целью данной статьи является анализ трудов отечественных и зарубежных авторов, в которых изложены работы по изучению морфологии возбудителя, причин возникновения заболевания, распространения, профилактики и мер борьбы с возбудителем инфекции. В качестве материала для исследования использовались научные сведения и данные по изучению пастереллеза птиц, методические рекомендации, нормативно-правовые документы Российской Федерации, направленные на диагностику, профилактику и установление ограничительных мероприятий (карантина).

Респираторный синдром у птиц является одним из наиболее часто встречаемых симптомокомплексов. Одной из причин может быть возбудитель пастереллеза птиц – *Pasteurella multocida*.

Пастереллез птиц (холера, геморрагическая септицемия) – инфекционная контагиозная болезнь всех видов домашней и дикой птицы, характеризующаяся поражением легких, протекающая с признаками септицемии и геморрагического диатеза. Она входит в Перечень заразных, в том числе особо опасных, болезней, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин) в соответствии с приказом №476 от 19 декабря 2011 (ред. От 25.09.2020) «Об утверждении перечня заразных, в том числе особо опасных, болезней животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин)».

Этиология и патогенез. Возбудителем болезни являются бактерии семейства *Pasteuellaceae*, вида *Pasteurella multocida* чаще всего серотипа А, однако, есть сведения о патогенных для птиц серотипах B, D, и F [1, 2, 3]. Это высокоэффективный патоген, который может вызывать болезнь у широкого круга домашних и диких животных и птиц, а также у людей и приматов. Вот уже более 140 лет исследователи всего мира проводят работу по изучению пастереллеза, однако, до сих пор остается ряд вопросов, связанных с патогенностью и вирулентность возбудителя, а также влиянием различных факторов на течение болезни. На сегодняшний день в результате исследований по полногеномному секвенированию появилось значительное количество новых данных о генотипах циркулирующих изолятов. Определено множество геномных последовательностей возбудителя, анализ которых, возможно, позволит углубиться в основные генетические механизмы патогенности и вирулентности P.multocida. Геном Pasteurella multocida (Pm70) представлен одинарной циркулярной хромосомой и состоит из 2257487 пар оснований в длину. Он содержит 2014 потенциально кодирующих регионов, составляющих 89 % от всей хромосомы. Оставшиеся 11% последовательностей – 6 полных рРНК оперонов (16S–23S-5S); 57 тРНК генов представляют все 20 аминокислот и относительно небольшое количество не кодирующих элементов. В геноме Pasteurella multocida содержатся многие метаболические процессы ферментов, таких как цикл глюколизиса, глюконеогенезиса, трихлорацетиловой кислоты и др. [4]

Пастереллы представляют собой неподвижные, вариабельные по форме и размерам (0,2-0,4х0,6-2,5 мкм), грамотрицательные палочки. Они обладают полисахаридной капсулой, которая состоит из вязкого поверхностного слоя и действует как важнейший структурный компонент и фактор вирулентности. Капсульные полисахариды структурно обеспечивают механизм молекулярной мимикрии бактерий, устойчивости к фагоцитозу и уклонения от иммунитета во время инфекционного процесса. В последние годы был достигнут ряд важнейших научных достижений в понимании биосинтеза и регуляторных аспектов капсулы. Установлено, что такие морфологические признаки как выраженная капсула, биполярность, коккоподобная или овоидная форма непостоянны и зависят от условий окружающей среды и пути проникновения в восприимчивый организм инфекционного материала [5, 6, 7].

Попадая в организм птиц, пастереллы активно размножаются, проникают в кровь, вызывают сепсис и гибель птиц через 12-36 ч. В развитии патологических процессов важную роль играют эндотоксины, продуцируемые возбудителем. Они вызывают сосудистые изменения в организме птиц, в результате которых развиваются обширные отеки в подкожной клетчатке [8, 9].

Эпизоотические данные. Заболевание часто регистрируется в южных регионах России с тѐплым и умеренным климатом, реже в регионах средней полосы и очень редко в северных районах. Периодически появляются сообщения о возникновении энзоотий на территории РФ. В 2022 году сообщалось о случаях возникновения вспышки пастереллеза в четырех районах Пензинской области среди поголовья личного и подсобного хозяйств.

Болезнь возникает внезапно, часто совпадает с периодом резких колебаний температуры и выпадения дождей [10]. К пастереллезу восприимчивы все виды и все возрастные группы сельскохозяйственных птиц, а также большинство видов диких птиц. Чаще встречается у птиц после 16-недельного возраста. У индеек отмечают наиболее сильные поражения. Инкубационный период длится от нескольких часов до 14 суток. Источником возбудителя являются больные, переболевшие птицы, инкубационное яйцо, полученное из неблагополучных по пастереллезу хозяйств, а также больные животные других видов. Передача возбудителя осуществляется контактным, алиментарным и аэрогенным путями. Факторами передачи возбудителя являются корма,

трупы, продукты и отходы убоя, инкубационное яйцо, пух, перо, инвентарь, материально-технические средства, контаминированные возбудителем, а также паразитирующие на птицах клещи, у которых возбудитель сохраняется более 60 дней. В качестве источника и переносчика возбудителя могут быть мыши и крысы [1, 2, 3].

В воде и помете возбудитель сохраняется до 3 недель, в трупах – до 4 месяцев, в замороженных продуктах убоя – до 1 года, на поверхности яичной скорлупы – до 25 дней, в щелочных и нейтральных почвах на глубине 5 см – до 60 дней, на глубине 30 см – до 140 дней, при высушивании – до 3 суток, прямые солнечные лучи убивают возбудителя через 10 минут [3]. P.multocida чувствительна широкому кругу обычных дезинфицирующих средств.

Клинические признаки. Пастереллез в хозяйстве может протекать остро, подостро и хронически. Высоковирулентные штаммы P.multocida вызывают сверхострое течение и гибель птицы без явных клинических признаков. При остром течении ежедневно смертность в стаде нарастает и к 5-7 дню может доходить до 80-90%. Острое течение болезни характеризуется отказом от корма, общим угнетением птицы, диареей, посинением гребня и сережек, хрипами, истечениями из носовой полости, затрудненным дыханием.

Хроническое течение болезни вызывают низко вирулентные штаммы. Заболевание развивается медленнее, гибель и выбраковка ослабленной птицы может достигать 30%. У птиц отмечают снижение яйценоскости, хрипы, воспаление тканей сережек, межчелюстного пространства, инфраорбитальных синусов, суставов конечностей (артриты). Такая форма пастереллеза чаще всего протекает в ассоциации с колибактериозом, стафило- и стрептококкозом и другими бактериальными инфекциями, что значительно увеличивает отход птицы, затрудняет диагностику и борьбу с заболеванием [1, 2, 3, 10, 11].

Также среди птиц отмечают пастереллоносительство - возбудитель персистирует на слизистых оболочках верхних дыхательных путей, не вызывая клинического проявления болезни, и при этом не выделяется из внутренних органов. Не смотря на то, что при вспышке отмечается септицемия, до сих пор не установлена причина такой локализации и механизмы, запускающие развитие патологических процессов в организме птиц.

Патологоанатомические изменения. При остром течении пастереллеза у птицы отмечают признаки сепсиса: точечные кровоизлияния на всех серозных и слизистых оболочках, коже, подкожной клетчатке, внутреннем жире. Также отмечают увеличение селезенки, серозный гидроперикардит, кровоизлияния на сердечной сорочке и эпикарде, скопление жидкости подкожной клетчатке, катарально-геморрагический энтерит, гепатит с мелкими некротическими очагами. У индеек основной признак – одно или двусторонняя крупозно-фибринозная пневмония, а при пастереллезе цыплят первых дней жизни – острая катаральная пневмония.

При подостром течении пастереллеза в дополнение к перечисленным признакам отмечают фибринозный перикардит и перигепатит.

При хроническом течении пастереллеза отмечают серозно-геморрагическое или фибринозное воспаление сережек, тканей инфраорбитальных синусов и межчелюстного пространства суставов конечностей, фибринозный перитонит, оварит и сальпингит. Птица чаще всего истощена.

При ассоциированной форме течения болезни отмечают поражения суставов, подушечек лап, сухожильных влагалищ, конъюнктивы, сережек, гребня, гортани, легких, воздухоносных мешков, среднего уха, костного мозга и мягких мозговых оболочек, характеризующиеся геморрагическими и фиброзно-некротическими изменениями [12].

Отбор проб. В соответствии с приказом Министерства сельского хозяйства РФ №770 от 31 октября 2022 года трупы птиц, массой до 10 кг допускается направлять в лабораторию целиком. От птиц, массой более 10 кг отбирают сердце с перевязанными сосудами, селезенку, печень, почки, фрагменты легких, трубчатую кость. Патологический материал берут от павших (не позднее 3-5 ч после гибели) или убитых, не подвергавшихся лечению антибактериальными препаратами. Упаковка и транспортировка внутренних органов осуществляется в стерильных сейф-пакетах или контейнерах для отбора проб. Пробы должны быть опечатаны, иметь сопроводительные документы (направление в лабораторию, опись проб, акт отбора проб). Отобранный биоматериал охлаждается, а на период транспортирования помещаются в термос со льдом или охладителем. Доставка проб в лабораторию осуществляться специалистом госветслужбы в течение 24 часов с момента их отбора [3].

Диагностика.

Диагностика пастереллеза проводится с учетом клинических признаков, патологоанатомических изменений и подтверждается ла-

бораторными исследованиями.

Разработанные «Методические указания по лабораторной диагностике пастереллезов животных и птиц», утвержденные Главным управлением ветеринарии №22-7/82 от 20 августа 1992 года, на сегодняшний день являются основным нормативным документом по диагностике. Более 30 лет не проводилась актуализация лабораторных методов исследования. За это время накоплено большое количество новых сведений о возбудителе и проявлении болезни, которые необходимо учитывать при постановке диагноза.

Лабораторная диагностика включает микроскопию мазков-отпечатков внутренних органов (печень, сердце, селезенка), слизи с небной щели и крови из сердца, выделение и идентификацию культур пастерелл и постановку биопробы и (или) использование метода полимеразной цепной реакции [1, 3].

При микроскопии мазков обнаруживают полиморфные (кокко- и диплококкоподобные или короткие палочки с закругленными концами), биполярные, капсулированные или без капсулы бактерии, грамотрицательные при окраске по Граму, расположенные одиночно или попарно. Капсульный антиген определяется в мазках из крови сердца через 3 часа после гибели птицы с использованием окрашивания методом Бури [5, 13, 14].

Посевы из патологического материала делают в МПБ и на МПА или бульон и агар Хоттингера с добавлением 10% сыворотки крови лошади или 5-10% аминопептица-2. Можно также использовать МПА с добавлением 20% желточной взвеси. Термостатируют при температуре 37°С 24-72 ч.

В жидких средах рост пастерелл сопровождается сначала слабым помутнением, затем через 24-36 часов возможно просветление среды и выпадение на дно пробирки осадка, поднимающегося при встряхивании в виде косички. На плотных питательных средах колонии пастерелл могут быть диаметром 3-5 мм, сероватого цвета, иметь гладкую (S-), слизистую или мукоидную (M-), шероховатую (R-) формы и S^R- и R^S-переходные формы. Клетки *P.multocida* в жидкой среде быстро диссоциируют (из S-формы в M- и R-формы или же в S^R-переходную форму) с утратой К-антигена.

Для индикации пастерелл изолированные колонии высевают на среды Гисса. Пастереллы разлагают глюкозу, сахарозу, сорбит и маннит с образованием кислоты без газа, не разжижают желатину, не свертывают и не пептонизируют молоко, проба на индол положительная, на сероводород – отрицательная. Бактерии *P.multocida* не образуют гемолиз на кровяном агаре [1, 2, 3, 15].

Для постановки биопробы из выросших колоний отбирают типичную М-форму и пересевают на питательный бульон. Посев инкубируют 9-19 ч при температуре 37°С и 1 ч при 20°С. Затем заражают птицу массой тела 350 грамм в дозе 0,3-0,5 мл в/м. Гибель птиц наступает как правило через 24-72 часа, слабовирулентные штаммы сероваринтов А и D, участвующие в развитии пневмоний могут вызывать падеж птиц через 7 суток. Через 3 часа после гибели птицы при условии остывания трупа при температуре 20°С из крови сердца приготавливают мазки и окрашивают их по Граму, методу Бури, Романовского-Гимза. В окрашенных мазках отмечают короткие овоидные выраженно капсулированные биполярные палочки с закругленными концами [7, 13, 14].

Серотипирование по капсульному антигену можно проводить бактериологическими методами с использованием культуры Staphylococcus aureus и водного раствора акрифлавина. Определение соматических серотипов проводят с помощью реакции диффузной преципитации в геле. Также для серотипирования используют высоко специфичный анализ - метод мультиплексной ПЦР, который позволяет дифференцировать все 16 соматических серотипов пастерелл, а также капсульных серологических вариантов. Данный анализ был признан более точным и менее трудоемким, чем традиционное типирование [16, 17].

Диагноз на пастереллез считается установленным, если выделен и идентифицирован возбудитель.

Дифференциальная диагностика.

Пастереллез дифференцируют от гриппа птиц и ньюкаслской болезни, орнитобактериоза, респираторного микоплазмоза, сальмонеллеза, колибактериоза и отравления поваренной солью.

Мероприятия, направленные на ликвидацию очагов пастереллеза, а также на предотвращение его распространения. В течение 24 часов с момента постановки диагноза на хозяйство накладывается карантин. В эпизоотическом очаге запрещается посещение территории посторонними лицами, кроме обслуживающего персонала и специалистов госветслужбы; перемещение и перегруппировка животных внутри хозяйства, вакцинация животных против других болезней; вывоз необеззараженного пищевого и инкубационного яйца, кормов и помета. ввоз и вывоз жи-

вотных за исключением вывоза животных без клинических признаков, характерных для пастереллеза, на убой. На убойном пункте внутренние органы птиц утилизируют, а тушки направляют на проварку, прожарку или на переработку в консервы. Пух и перо просушиваются в сушильных аппаратах при температуре 85°С в течение 20 минут или дезинфицируются в 3% растворе формалина при температуре 45-50°С в течение 30 минут или в других дезинфицирующих растворах, обладающих бактерицидной активностью в отношении возбудителя, в соответствии с инструкциями по их применению.

В эпизоотическом очаге осуществляется убой всех больных и подозреваемых в заболевании пастереллезом птиц бескровным методом; проводится вакцинация птиц без клинических признаков вакциной против пастереллеза; пищевое яйцо дезинфицируют однократно перед вывозом из хозяйства; инкубационное яйцо дезинфицируют 4-кратно парами формальдегида (1-ый раз не позднее 1,5 часов после снесения, 2-ой раз – перед закладкой в инкубаторы, 3-ий раз – после 6 часов прогрева в инкубаторах и 4-ый раз – перед выводом птенцов); обеззараживание помета осуществляют биотермическими методами. Дезинфекции в эпизоотическом очаге подлежат территория хозяйства, оборудование и все помещения, в которых находилась больная птица. Дезинфекция проводится в три этапа: первый – сразу после изоляции больных птиц, второй – после проведения механической очистки и мойки, третий – заключительный, перед снятием ограничений (карантина). Для дезинфекции могут быть использованы следующие препараты: 10-20% взвесь свежегашеной извести; раствор хлорной извести, содержащий 2% активного хлора; 2% раствор едкого натра; 3% раствор креолина; 0,5% раствор формальдегида или другие дезинфицирующие растворы, обладающие бактерицидной активностью в отношении возбудителя в соответствии с инструкциями по их применению.

Отмена карантина в хозяйствах по содержанию и разведению птиц осуществляется после убоя всех больных и подозреваемых в заболевании пастереллезом птиц, вакцинации против пастереллеза птиц, у которых отсутствуют клинические признаки, характерные для пастереллеза, а также после проведения всех ветеринарно-санитарных мероприятий и заключительной дезинфекции [3].

Профилактика болезни. Для специфической профилактики пастереллеза в основном используют инактивированные вакцины, содержащие гидроокись алюминия или масляный адьювант, полученные из клеток серотипов, выбранных в соответствии с данными об эпизоотической ситуации в регионе. Коммерческие вакцины в своем составе обычно содержат соматические серотипы 1, 3 и 4. Инактивированную вакцину обычно вводят внутримышечно или подкожно в среднюю треть шеи. Ревакцинацию проводят через 2-4 недели. Формирование иммунитета происходит через 2 недели после повторного введения вакцины [18, 19, 20, 21].

Разработаны живые вакцины против пастереллеза кур отечественного производства на основе аттенуированных SM-1, LA-25, 1А штаммов, против пастереллеза водоплавающих птиц - из штаммов «АВ» и «К» Краснодарской НИВС [22]. Проводится разработка вакцин, содержащих капсульный полисахарид [23].

Разработаны генномодифицированные живые вакцины против пастереллеза птиц, которые разрешены к применению только в Северной Америке. Их вводят с питьевой водой или в перепонку крыла [1].

Для неспецифической профилактики пастереллеза птиц используют антибактериальные препараты. Однако, установлено, что некоторые штаммы P.multocida могут быть высокорезистентыми к большинству антибиотиков. По данным Y.D.Dashe с соавторами у цыплят-бройлеров с клиническими признаками пастереллеза в г.Джос (Нигерия) были выделены мультирезистентные изоляты P.multocida. Из выделенных изолятов 73% были устойчивы к пенициллину, 60% - к макролидам, 53,3% - к сульфаниламидам, 20% - к цефалоспоринам и 27% - к другим новым группам антибактериальных средств [24]. Таким образом, применение антибиотиков в каждом конкретном случае имеет свои особенности и требует проведения подбора эффективных препаратов.

В 2004 году ТаджНИВИ был разработан препарат «САП-2» - смесь S(7-метил-5-оксо-5Н-1,3,4-тиадизоло [3,2-а] пиримидин-2-ил) – изотиурон гидробромида с сахарозой (1:1), обладающий бактерицидной активностью в отношении возбудителя пастереллеза. Пероральное применение САП-2 в дозах 30 и 60 мг/кг массы тела за 3 часа до заражения и одновременно с ним обеспечивает высокий индекс защиты (100%) при экспериментальном пастереллезе. Наибольший терапевтический эффект при лечении заболевания получен при применении САП-2 с кормом два раза в сутки в течение 6 дней в дозе 60 мг/кг массы тела. Про-

изводственные испытания САП-2 обнаружили его высокую терапевтическую (92,4%) и профилактическую (84,3%) эффективность в комплексе с зоогигиеническими и ветеринарно-санитарными мероприятиями при пастереллезе птиц [25].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Каждая вспышка пастереллеза птиц приводит к серьезному экономическому ущербу и является угрозой для развития птицеводства. Основой предотвращения распространения болезни, проведения противоэпизоотических и профилактических мероприятий является своевременная и качественная диагностика возбудителя болезни. Приказом № 770 Министерства сельского хозяйства РФ от 31 октября 2022 года определены условия постановки диагноза – выделение и идентификация P.multocida. В связи с этим методы лабораторной диагностики пастереллеза требуют актуализации в соответствии с новыми данными об этой инфекции.

PASTEURELLOSIS IN AVIARS (LITERATURE REVIEW)

Ovcharova E.S. * ovcharova__el@bk.ru - Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher – Head of the Department of Bacteriology (ORCID 00009-0006-1690-003X); **Maslov D.V.** * soren_472@mail.ru - Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher at the Department of Bacteriology (ORCID 0009-0005-1371-6272);

Syvorotko E.V.* lena_gvl @mail.ru – Junior Researcher at the Department of Bacteriology (ORCID 0009-0007-0925-7418).

«All-Russian Research Veterinary Institute of Poultry Science» — Branch of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Poultry Institute"

ABSTRACT

Respiratory diseases of birds cause great economic losses to industrial poultry farming. One of the causes of respiratory syndrome is the pathogen Pasteurella multocida. This is dangerous infectious disease characterized by high mortality and affects birds of all species and all ages. Pasteurellosis is widespread all around the world, including of the territory of the Russian Federation. The source of the pathogen is sick and oversick birds. The carriers of the pathogen of pasteurellosis might be rodents, insects, synanthropic birds, as well as animals of other species. The disease most often takes on a stationary character and requires constant epizootic monitoring. Great attention should be paid to the protection of farms from the introduction of the pathogen from the outside. It is necessary to carry out preventive measures in time – disinfection, deratization, disinfection and comply with biosafety requirements when conducting economic activities. For timely diagnosis and prevention, as well as for the successful prevention of the spread and elimination of foci of pasteurellosis, it is necessary to constantly update data on the disease, supplementing them with new information about the pathogen and its spread. For specific disease prevention, it is necessary to use vaccine

The purpose of this article is to analyze the papers of native and foreign authors, which describe the work on the study of the morphology of the pathogen, the causes of the disease, the spread, prevention and control measures against the pathogen of infection. Scientific information and data on the study of avian pasteurellosis, methodological recommendations, regulatory documents of the Russian Federation aimed at diagnosis, prevention and establishment of restrictive measures (quarantine) were used as material for the study.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Кодекс здоровья наземных животных. Рекомендации по болезням Списка МЭБ и другим важным для международной торговли болезням // Версия, принятая Всемирной Ассамблеей делегатов МЭБ.- 2012. – Т.2. – глава 3.3.9.

2.Бакулин, В. А. Болезни птиц / В. А. Бакулин ; Бакулин В. А.. – Санкт-Петербург : Изд.: В. А. Бакулин, 2006. – 687 с.

3.Ветеринарные правила осуществления профилактических, диагностических лечебных, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов пастереллеза разных видов, утверждены приказом Минсельхоза России от 31 октября 2022 года №770.

4.Семина, А. Н. Методика выявления возбудителя пастереллеза птиц (Pasteurella multocida) методом ПЦР : учебно-методическое пособие / А. Н. Семина, К. Ю. Дмитриев, С. Р. Абгарян. – Санкт-Петербург : ООО "Издательство ВВМ", 2023. – 13 с.

5.Каширин, В. В. Методология выявления Pasteurella multocida в крови зараженных и погибших птиц / В. В. Каширин // Ветеринарная патология. – 2015. – № 3(53). – С. 43-49.

6.Каширин, В. В. Условия выделения чистой культуры (штамма) Pasteurella multocida из трупа птицы / В. В. Каширин // Актуальные проблемы и методические подходы к диагностике, лечению и профилактике болезней животных : материалы международ-

ной научно-практической конференции, пос. Персиановский, 18 февраля 2016 года. – пос. Персиановский: ФГБОУ ВПО "Донской государственный аграрный университет", 2016. – С. 128-135.
7.Каширин, В. В. Восстановление и биологическая изоляция патогенных штаммов Pasteurella multocida от птиц к моменту использования / В. В. Каширин // Ветеринария. – 2016. – № 11. – С. 24-29.
8.Christensen, J. P., & Bisgaard, M. (1997). Avian pasteurellosis: Taxonomy of the organisms involved and aspects of pathogenesis. Avian Pathology, 26(3), 461–483.
9.Фомина, Н. В. Таксономия возбудителей пастереллеза птиц и аспекты патогенеза. Обзор. (Дания) / Н. В. Фомина // Ветеринария. Реферативный журнал. – 1999. – № 2. – С. 471.
10.Каширин, В. В. Методология выявления Pasteurella multocida в крови зараженных и погибших птиц / В. В. Каширин // Актуальные проблемы и методические подходы к лечению и профилактике болезней животных : материалы международной научно-практической конференции, пос. Персиановский, 05 февраля 2015 года. – пос. Персиановский: ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет", 2015. – С. 110-116.
11.Мифтахова, А. В. Пастереллез птицы / А. В. Мифтахова, Л. И. Дроздова, А. П. Никитин // Болезни птиц : сборник статей, Екатеринбург, 10 сентября 2020 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2020. – С. 148-150.
12.Борисенкова, А. Н. Диагностика бактериальных болезней птиц при смешанном течении (пастереллез, гемофилез, колибактериоз) / А. Н. Борисенкова, А. Ф. Новикова, Т. Н. Рождественская // Новое в эпизоотологии, диагностике и профилактике инфекционных и незаразных болезней птиц в промышленном птицеводстве : Материалы международной юбилейной научно-практической конференции, Санкт-Петербург-Ломоносов, 14–16 сентября 2004 года. – Санкт-Петербург-Ломоносов: Всесоюзный научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства, 2004. – С. 135-137.
13.Каширин, В. В. К вопросу выделения чистом культуры возбудителя пастереллёза pasteurella multocida / В. В. Каширин // Ветеринария Кубани. – 2021. – № 5. – С. 30-32.
14.Каширин, В. В. Морфогенез бактерий Pasteurella multocida, патогенных для птиц / В. В. Каширин // Ветеринария. – 2012. – № 8. – С. 26-30.
15.Биологические свойства пастерелл, выделенных при респираторном синдроме птиц / А. Н. Борисенкова, Т. Н. Рождественская, А. И. Лебедева, О. Б. Новикова // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. – 2007. – № 3. – С. 39-40.
16.Семина, А. Н. Изучение генома Pasteurella multocida для специфического определения в птицеводстве / А. Н. Семина // Эффективное животноводство. – 2020. – № 4(161). – С. 142-143.
17.Семина, А. Н. Идентификация Pasteurella multocida методом полимеразно цепной реакции / А. Н. Семина // Международный вестник ветеринарии. – 2020. – № 3. – С. 14-18.
18.Современные подходы к изготовлению инактивированных вакцин против пастереллеза птиц / Т. Н. Рождественская, Л. Каримова, С. В. Панкратов [и др.] // Аграрная наука. – 2022. – № 7-8. – С. 68-73.
19.Рождественская, Т. Н. Особенности профилактики ассоциированного респираторного синдрома бактериальной этиологии у птиц / Т. Н. Рождественская // Ветеринария и кормление. – 2019. – № 6. – С. 37-39.
20.Каширин, В. В. эффективность живой вакцины против пастереллёза уток при интраназальном применении / В. В. Каширин, И. М. Ясинский, Е. И. Ясинский // Актуальные проблемы и методические подходы к диагностике, лечению и профилактике болезней животных : Материалы всероссийской научно-практической конференции, пос. Персиановский, 10 февраля 2017 года. – пос. Персиановский: ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет", 2017. – С. 114-121.
21.Бородина, О. В. Разработка инактивированной эмульсионной вакцины против пастереллеза птиц : специальность 03.00.0703.00.23 : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Бородина Ольга Владимировна. – Ульяновск, 2005. – 121 с.
22.Леонов, А. В. Разработка и испытание сухой живой вакцины против пастереллеза птиц : специальность 03.00.23 : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Леонов Александр Владимирович. – Оболенск, 2005. – 133 с.
23.Dashe, Y.D. & Abiola, Raji & Abdu, Paul & Oladele, S. & Sugun, M.Y.. (2013). Multidrug Resistant Pasteurella multocida Strains Isolated from Chickens with Cases of Fowl Cholera in Jos, Nigeria. International Journal of Poultry Science. 12. 596-600.
24.Назаров, Ш. Х. Лечебно-профилактическая эффективность препарата САП-2 при пастереллезе птиц: диссертация на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Назаров Шамсулло Химатович. – Душанбе, 2004. – 111 с. .

REFERENCES

1.Terrestrial Animal Health Code. Recommendations on diseases on the OIE List and other diseases of importance for international trade // Version adopted by the OIE World Assembly of Delegates. - 2012. - Vol. 2. - Chapter 3.3.9.
2.Bakulin, V. A. Diseases of birds / V. A. Bakulin; Bakulin V. A.. - St. Petersburg: Publ.: V. A. Bakulin, 2006. - 687 p.

3.Veterinary rules for the implementation of preventive, diagnostic, therapeutic, restrictive and other measures, the establishment and cancellation of quarantine and other restrictions aimed at preventing the spread and eliminating foci of different types of pasteurellosis, were approved by the order of the Ministry of Agriculture of Russia dated October 31, 2022 No. 770.
4.Kashirin, V. V. Methodology for detecting Pasteurella multocida in the blood of infected and dead birds / V. V. Kashirin // Veterinary pathology. - 2015. - No. 3 (53). - P. 43-49.
5.Kashirin, V. V. Conditions for isolating a pure culture (strain) of Pasteurella multocida from a bird corpse / V. V. Kashirin // Actual problems and methodological approaches to the diagnosis, treatment and prevention of animal diseases: materials of the international scientific and practical conference, pos. Persianovsky, February 18, 2016. – pos. Persianovsky: "Don State Agrarian University", 2016. – P. 128-135.
6.Kashirin, V. V. Recovery and biological isolation of pathogenic strains of Pasteurella multocida from birds by the time of use / V. V. Kashirin // Veterinary Science. – 2016. – No. 11. – P. 24-29.
7.Christensen, J. P., & Bisgaard, M. (1997). Avian pasteurellosis: Taxonomy of the organisms involved and aspects of pathogenesis. Avian Pathology, 26(3), 461–483.
8.Fomina, N. V. Taxonomy of pathogens causing pasteurellosis in birds and aspects of pathogenesis. Review. (Denmark) / N. V. Fomina // Veterinary science. Abstract journal. - 1999. - No. 2. - P. 471.
9.Kashirin, V. V. Methodology for detecting Pasteurella multocida in the blood of infected and dead birds / V. V. Kashirin // Actual problems and methodological approaches to the treatment and prevention of animal diseases: materials of the international scientific and practical conference, Persianovsky settlement, February 5, 2015. - Persianovsky settlement: "Don State Agrarian University", 2015. - P. 110-116.
10.Miftakhova, A. V. Pasteurellosis of poultry / A. V. Miftakhova, L. I. Drozdova, A. P. Nikitin // Bird diseases: a collection of articles, Ekaterinburg, September 10, 2020. - Ekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2020. - P. 148-150.
11.Borisenkova, A. N. Diagnostics of bacterial diseases of poultry with a mixed course (pasteurellosis, hemophilia, colibacillosis) / A. N. Borisenkova, A. F. Novikova, T. N. Rozhdestvenskaya // New in epizootology, diagnostics and prevention of infectious and non-infectious diseases of birds in industrial poultry farming: Proceedings of the international jubilee scientific and practical conference, St. Petersburg-Lomonosov: All-Union Research Veterinary Institute of Poultry Farming, 2004. – P. 135-137.
12.Kashirin, V. V. On the issue of isolating a pure culture of the causative agent of pasteurellosis pasteurella multocida / V. V. Kashirin // Veterinary Science of Kuban. – 2021. – No. 5. – P. 30-32.
13.Kashirin, V. V. Morphogenesis of Pasteurella multocida bacteria pathogenic for birds / V. V. Kashirin // Veterinary Science. – 2012. – No. 8. – P. 26-30.
14.Biological properties of Pasteurella isolated in avian respiratory syndrome / A. N. Borisenkova, T. N. Rozhdestvenskaya, A. I. Lebedeva, O. B. Novikova // Russian Veterinary Journal. Farm animals. – 2007. – No. 3. – P. 39-40.
15.Semina, A. N. Study of the Pasteurella multocida genome for specific determination in poultry farming / A. N. Semina // Effective animal husbandry. – 2020. – No. 4(161). – P. 142-143.
16.Semina, A. N. Identification of Pasteurella multocida by polymerase chain reaction / A. N. Semina // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2020. - No. 3. - P. 14-18.
17.Modern approaches to the production of inactivated vaccines against avian pasteurellosis / T. N. Rozhdestvenskaya, L. Karimova, S. V. Pankratov [et al.] // Agrarian Science. - 2022. - No. 7-8. - P. 68-73.
18.Rozhdestvenskaya, TN Features of the prevention of associated respiratory syndrome of bacterial etiology in birds / TN Rozhdestvenskaya // Veterinary science and feeding. - 2019. - No. 6. - P. 37-39
19.Kashirin, VV Efficiency of a live vaccine against pasteurellosis in ducks when administered intranasally / VV Kashirin, IM Yasinsky, EI Yasinsky // Actual problems and methodological approaches to the diagnosis, treatment and prevention of animal diseases: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference,2017. - pos. Persianovsky: "Don State Agrarian University", 2017. - P. 114-121.
20.Borodina, O. V. Development of an inactivated emulsion vaccine against pasteurellosis in birds: specialty 03.00.0703.00.23: dissertation for the degree of candidate of biological sciences / Borodina Olga Vladimirovna. - Ulyanovsk, 2005. - 121 p.
21.Leonov, A. V. Development and testing of a dry live vaccine against pasteurellosis in birds: specialty 03.00.23: dissertation for the degree of candidate of biological sciences / Leonov Alexander Vladimirovich. - Obolensk, 2005. - 133 p.
22.Guan L, Xue Y, Ding W, Zhao Z. Biosynthesis and regulation mechanisms of the Pasteurella multocida capsule. Res Vet Sci. 2019 Dec;127:82-90.
23.Dashe, Y.D. & Abiola, Raji & Abdu, Paul & Oladele, S. & Sugun, M.Y.. (2013). Multidrug Resistant Pasteurella multocida Strains Isolated from Chickens with Cases of Fowl Cholera in Jos, Nigeria. International Journal of Poultry Science. 12. 596-600.
24.Nazarov, Sh. Kh. Therapeutic and prophylactic effectiveness of the drug SAP-2 in pasteurellosis of birds: specialty 06.02.02 "Veterinary microbiology, virology, epizootology, mycology with mycotoxicology and immunology": dissertation for the degree of candidate of veterinary sciences / Nazarov Shamsullo Khimatovich. - Dushanbe, 2004. - 111 p.

УДК: 619:616.9:579.26
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.58

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ШТАММОВ МИКРООРГАНИЗМОВ В СОСТАВЕ ВАКЦИН ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ САЛЬМОНЕЛЛЁЗА ЖИВОТНЫХ

Прасолова О.В.* – канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-8924-2273); **Ленёв С.В.** – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-0049-3728).

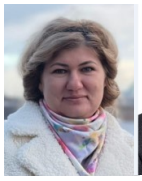
ФГБУ «Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов»

*o.prasolova@vgnki.ru

***Ключевые слова**:* сальмонеллёз, эпизоотический анализ, вакцины, штаммы микроорганизмов.
Keywords: salmonellosis, epizootic analysis, vaccines, strains of microorganisms.

Финансирование: работа поддержана Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору в рамках научно-исследовательского проекта: «Диагностика состояния нормальной микробиоты желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственной птицы под воздействием антимикробных и пробиотических препаратов для разработки и осуществления мер по ее сохранению или восстановлению» от 25.12.2023 №081-00008-24-00

Поступила: 24.04.2023 **Принята к публикации:20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024




РЕФЕРАТ

Сальмонеллез животных – инфекционная болезнь, поражающая широкий спектр продуктивных животных. Вакцинация животных является одним из эффективных способов борьбы с сальмонеллезом и остается востребованной в ветеринарной практике. На территории Российской Федерации используется более 30 вакцин против сальмонеллеза животных. Условно средства специфической иммунопрофилактики сальмонеллеза, можно разделить на две группы: вакцины против сальмонеллеза птиц и вакцины против сальмонеллеза других видов животных. Производственные штаммы, как правило, получены из изолятов выделенных от животных при эпизоотиях сальмонеллеза в странах производителей вакцины. Инактивированные вакцины против сальмонеллеза птиц, представленные препаратами, в основном, зарубежных производителей изготавливаются на основе культур, получаемых из штаммов *S. Enteritidis, S.Typhimurium* и *S.Infantis*, что соответствует этиологической структуре заболеваемости животных и человека сальмонеллезами. Среди средств иммунопрофилактики сальмонеллеза крупного рогатого скота и свиней, применяемых на территории РФ, отсутствуют препараты зарубежных производителей, а этиологическая структура болезни у данных видов животных, на протяжении многих лет остается неизменной. Отечественные вакцины разработаны на основе производственных штаммов, эталонные образцы которых депонированы в соответствующих государственных коллекциях, обновлен-

ный перечень которых утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации от 06.09.2021 № 2460-р. Большинство вакцин против сальмонеллеза животных, исключая птиц, применяемых на территории РФ, изготавливается на основе штаммов *S. Choleraesuis 370, S. Typhimurium 371* и *S. Dublin 373*, селекционированных в ФГБУ «ВГНКИ», что свидетельствует о их достаточной эффективности и эпизоотической значимости в настоящее время.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Сальмонеллез животных – инфекционная болезнь, поражающая широкий спектр продуктивных животных, характеризующаяся при остром течении признаками расстройства желудочно-кишечного тракта (гастриты, энтериты), репродуктивной системы (у лошадей, коров, овец – абортами, эндометритами, задержанием последа), септицемией, а при подостром и хроническом течении – пневмониями и артритами.

К сальмонеллезу восприимчивы все виды животных, в том числе: лошади, крупный рогатый скот, мелкий рогатый скот, свиньи, пушные звери, птица. У взрослых животных болезнь может протекать без клинических проявлений в форме хронического носительства.

Возбудитель – бактерии рода *Salmonella*, относящиеся к семейству *Enterobacteriaceae*. Род *Salmonella* представлен двумя видами – *S. enterica* и *S. bongori*. Вид *S. bongori* представлен 22 сапрофитными сероварами, обитающими в окружающей среде. Сальмонеллы вида *S. enterica*, включают в себя около 2600 сероваров, делятся на 6 подвидов: *subspecies enterica; subspecies salamae; subspecies arizonae; subspecies diarizonae; subspecies houtenae* и *subspecies indica* [1].

Salmonella enterica подвида *enterica* является основным видом, вызывающим инфекцию у людей и животных [2].

Естественным резервуаром остальных подвидов являются хладнокровные животные. [3] Подвиды *arizonae* и *diarizonae* могут вызывать заболевания у овец и индеек [4].

Все основные возбудители сальмонеллеза сельскохозяйственных животных относятся к серогруппам B, C и D (таблица 1).

Таблица 1 – Основные возбудители сальмонеллеза животных

Виды	Основные возбудители		Редкие возбудители	
животных	Серовар	Серогруппа	Серовар	Серогруппа
Крупный рогатый скот	Dublin Typhimurium	D B	Enteritidis	D
Свиньи	Choleraesuis Typhimurium	C B	Dublin Typhisuis	D C
Мелкий рогатый скот	Abortusovis	B	Dublin Enteritidis	D
Лошади	Abortusequi	B	Enteritidis	D
Куры	Enteritidis Gallinarum Typhimurium Infantis	D D B C	Куры могут быть носителями нескольких сотен сероваров сальмонелл, в том числе, транзиторных неадаптированных к хозяину.	
Индейки	Gallinarum Enteritidis	D	Typhimurim Arizonae	D -
Утки, Гуси	Typhimurium	B	Gallinarum Enteritidis	D
Песцы, лисицы	Dublin Typhimurium Choleraesuis	D B C	Enteritidis	D

Цель работы – оценка эпизоотической значимости и эффективности штаммов микроорганизмов в составе вакцин для профилактики сальмонеллёза животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В качестве материалов использовали информацию из доступных официальных источников и интернет-ресурсов, имеющих отношение к рассматриваемой проблеме в период 2014-2021г.г. Основные методы исследования – общенаучный, формально-юридический, сравнительно-правовой, аналитический.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Согласно официальным данным, сальмонеллез является наиболее часто регистрируемым пищевым зоонозом бактериальной этиологии в России [5]. По мнению ряда экспертов ВОЗ проблема борьбы с сальмонеллезом не может быть решена без применения эффективных средств специфической иммунопрофилактики сальмонеллеза [6].

На территории Российской Федерации используется более 30 вакцин против сальмонеллеза животных, большинство из них инактивированные [7]. Условно средства специфической иммунопрофилактики сальмонеллеза, используемые на территории РФ, можно разделить на две группы: вакцины против сальмонеллеза птиц и вакцины против сальмонеллеза других видов животных.

Инактивированные вакцины против сальмонеллеза птиц зарубежных производителей изготавливаются на основе культур, получаемых из штаммов *S. Enteritidis, S.Typhimurium* и *S.Infantis*. Производственные штаммы, как правило, получены из изолятов выделенных от кур при эпизоотиях сальмонеллеза в странах производителей вакцины. Штаммы серовара *Enteritidis* имеют фаготип PT4, серовара *S.Typhimurium* DT – фаготип 104, эти фаготипы представляют наибольшую этиологическую значимость при вспышках сальмонеллеза у людей.

Среди средств иммунопрофилактики сальмонеллеза крупного рогатого скота и свиней, применяемых на территории РФ, отсутствуют препараты зарубежных производителей. 8 из 9 отечественных инактивированных вакцин против сальмонеллеза крупного рогатого скота и свиней изготавливаются на основе производственных штаммов *S. Choleraesuis 370*, *S. Typhimurium 371* и *S. Dublin 373* селекционированных в ФГБУ «ВГНКИ».

С 2014 года отмечается тенденция к снижению количества неблагополучных пунктов по сальмонеллезу у разных видов животных, кроме лошадей. При анализе эпизоотической ситуации с 2014 по 2021 год по сальмонеллезу разных видов животных нами выявлена динамика снижения количества неблагополучных пунктов болезни у основных видов продуктивных животных (КРС, МРС, свиней, птицы) и увеличение у лошадей в 4,3 раза (рисунок 1).

При анализе этиологической структуры заболеваемости животных сальмонеллезами в 2021 году, нами установлено, что наиболее часто встречающимися сероварианта сальмонелл остаются сероварами, имеющие эпидемиологическую значимость. Лидирующие позиции у *S. Enteritidis*, в основном выделяемым от птиц (рисунок 2).

По данным ФГБУ «Центр ветеринарии», основная часть изолятов сальмонелл, выделяемых от свиней в России (около 80 %), является сероваром адаптированным к хозяину – *Salmonella Choleraesuis*. Вторым по этиологической значимости является серовар *S. Typhimurium*, обусловливающий 10-15% случаев возникновения сальмонеллеза свиней. Серовары сальмонелл *S. Enteritidis, S. London и S. Dublin* вызывают у свиней менее 3% заболеваний животных. От крупного рогатого скота в 65% случаев, также выделяется видоспецифический серовар - *Salmonella Dublin*, *S. Typhimurium* выделяется в 17% случаев и на долю *S. Enteritidis* приходится 15% обнаружений сальмонелл. Следует отметить, что эти серовары являются основными возбудителями сальмонеллеза крупного рогатого скота и свиней в течение длительного времени (в течение более 40 лет

наблюдений).

Анализ количества неблагополучных пунктов по сальмонеллезу крупного рогатого скота и свиней имеет тенденцию к снижению в период 2014-2021г.г. (Рисунок 3).

Изучение официальных отчетных данных по количеству вакцинированных животных имеет прямую корреляцию с данными Росстата о количестве поголовья и остается на высоком уровне. В период 2016-2017г.г. – отмечено снижение численности поголовья свиней из-за ликвидации вспышек африканской чумы свиней (АЧС) у домашних свиней, с 2 квартала 2016 по 1 квартал 2017 – согласно открытым данным аналитического центра ФГБУ ВНИИЗЖ (Рисунок 4).

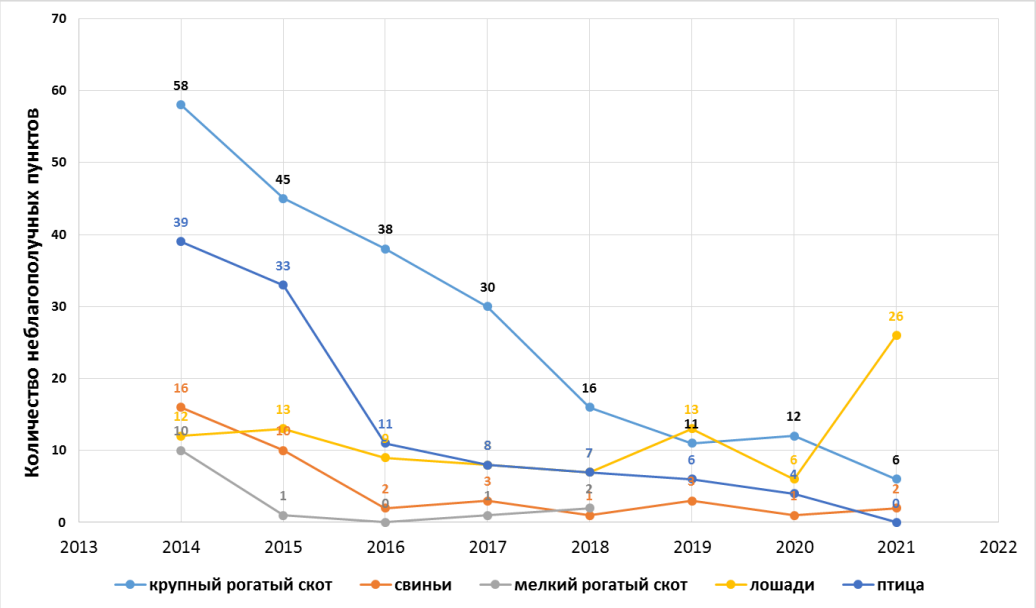


Рисунок 1 – Количество неблагополучных пунктов по сальмонеллезу животных в России (2014-2021 гг.).

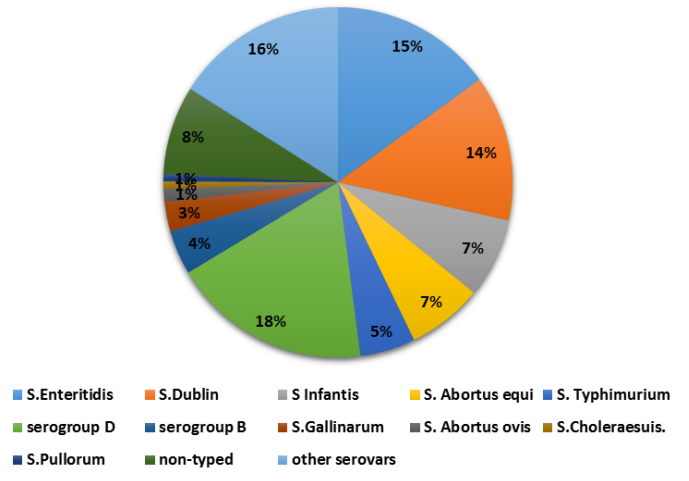


Рисунок 2 – Этиологическая структура сальмонеллёзов животных разных видов (2021г.).

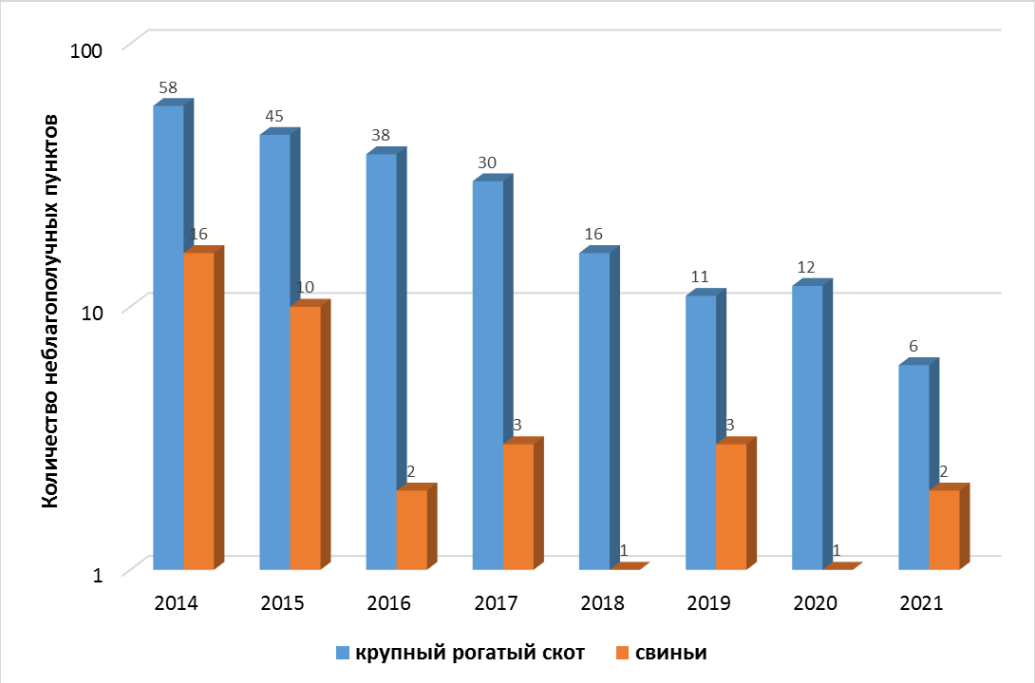


Рисунок 3 – Количество неблагополучных пунктов по сальмонеллезу КРС и свиней в период 2014-2021г.г (лог.шкала).

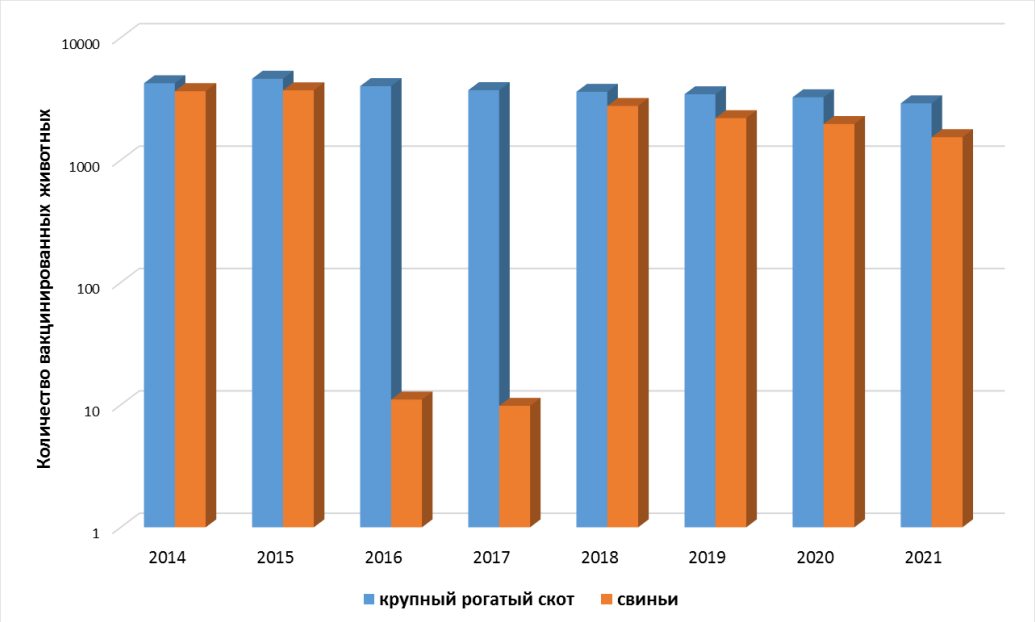


Рисунок 4 – Количество вакцинированных против сальмонеллеза голов КРС и свиней в период 2014-2021г.г (лог.шкала).

Проведенные ранее исследования эпизоотических штаммов сальмонелл сероваров *S. Choleraesuis, S. Typhimurium* и *S. Dublin*, выделенных в 2010 – 2021 г.г. в различных регионах Российской Федерации в сравнительном аспекте с вакцинными, позволили установить, что среди изученных эпизоотических штаммов, более иммуногенные штаммы, способные заменить используемые в настоящее время производственные, отсутствуют [8-13].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Вакцинация животных является одним из эффективных способов борьбы с сальмонеллезом и остается востребованной в ветеринарной практике. Этиологическая структура сальмонеллеза крупного рогатого скота и свиней на протяжении многих лет остается неизменной.

Среди средств иммунопрофилактики сальмонеллеза крупного рогатого скота и свиней, применяемых на территории РФ, отсутствуют препараты зарубежных производителей. Отечественные вакцины разработаны на основе производственных штаммов *S. Choleraesuis 370, S. Typhimurium 371* и *S. Dublin 373*. Эти штаммы селекционированы в ФГБУ «ВГНКИ», после проведения длительных исследований, в том числе 20-30 пассажей через организм лабораторных и целевых животных. Они соответствуют этиологической структуре выделенных изолятов от крупного рогатого скота и свиней, высокоиммуногенны, и сохраняют свою эффективность в настоящее время.

EVALUATION OF THE EFFICACY OF MICROBIAL STRAINS IN VACCINES FOR THE PREVENTION OF SALMONELLOSIS IN ANIMALS

Prasolova O.V.* - Candidate of Sciences (Veterinary medicine), Leading researcher of the Molecular Biology Department (orcid.org/0000-0001-8924-2273); **Lenev S.V. -** Candidate of Sciences (Biology), Leading researcher of the science and technology laboratory (orcid.org/0000-0002-0049-3728)

The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality

*o.prasolova@vgnki.ru

Financing: *the work was supported by the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance within the framework of the research project: "Diagnosis of the state of normal microbiota of the gastrointestinal tract of poultry under the influence of antimicrobial and probiotic preparations for the development and implementation of measures to preserve or restore it" from 25.12.2023 № 081-00008-24-00.*

ABSTRACT

Animal salmonellosis is an infectious disease affecting a wide range of productive animals. Vaccination of animals is one of the effective ways to combat salmonellosis and remains in demand in veterinary practice. On the territory of the Russian Federation more than 30 vaccines against salmonellosis in animals are used. Conventionally, means of specific immunoprophylaxis against salmonellosis can be divided into two groups: vaccines against avian salmonellosis and vaccines against salmonellosis of other animal species. Production strains are usually derived from isolates isolated from animals in salmonellosis epizootics in the vaccine-producing countries. Inactivated vaccines against avian salmonellosis, represented by preparations, mainly, of foreign manufacturers are made on the basis of cultures obtained from strains of *S. Enteritidis, S.Typhimurium* and *S.Infantis*, which corresponds to the etiological structure of animal and human salmonellosis morbidity. Among the means of immunoprophylaxis of salmonellosis in cattle and pigs, used in the territory of the Russian Federation, there are no preparations of foreign manufacturers, and the etiological structure of the disease in these species of animals for many years remains unchanged. Domestic vaccines are developed on the basis of production strains, reference samples of which are deposited in the relevant state collections, the updated list of which is approved by the Order of the Government of the Russian Federation from 06.09.2021 № 2460-r. The majority of vaccines against salmonellosis in animals, ex-

cluding birds, used in the territory of the Russian Federation are made on the basis of *S. choleraesuis strains. Choleraesuis 370, S. Typhimurium 371* and *S. Dublin 373*, selected in FGBU "VGNKI", which indicates their sufficient efficiency and epizootic significance at present.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Jajere SM. A review of Salmonella enterica with particular focus on the pathogenicity and virulence factors, host specificity and antimicrobial resistance including multidrug resistance. Vet World. 2019;12(4):504-521. doi: 10.14202/vetworld.2019.504-521. Epub 2019 Apr 6. PMID: 31190705; PMCID: PMC6515828.

2.Sears K. T., Galen J. E., Tennant S. M. Advances in the development of Salmonella-based vaccine strategies for protection against Salmonellosis in humans //Journal of Applied Microbiology. – 2021. – Т. 131. – №. 6. – С. 2640-2658. https://doi.org/10.1111/jam.15055

3.Weerakhun S., Kongsanan P., Kongkham W. Distribution of Salmonella spp. and serovars isolated from captive reptiles in four zoos of the Zoological Park Organization, Thailand, between 2017 and 2018 //The Thai Journal of Veterinary Medicine. – 2022. – Т. 52. – №. 2. – С. 349-358. https://doi.org/10.56808/2985-1130.3224

4.Ленев, С.В., Совершенствование методов выделения и идентификации бактерий рода Salmonella подвида Arizonae. / С.В. Ленев, А.И. Лаишевцев, Н.В. Пименов // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2018. - №2 (50). – P. 14-23

5.Информационный бюллетень Референс центра по мониторингу за сальмонеллезами, №35, Москва, 2023г.

6.Lamichhane B, Mawad AMM, Saleh M, Kelley WG, Harrington PJ 2nd, Lovestad CW, Amezcua J, Sarhan MM, El Zowalaty ME, Ramadan H, Morgan M, Helmy YA. Salmonellosis: An Overview of Epidemiology, Pathogenesis, and Innovative Approaches to Mitigate the Antimicrobial Resistant Infections. Antibiotics (Basel). 2024 Jan 13;13(1):76. doi: 10.3390/antibiotics13010076. PMID: 38247636; PMCID: PMC10812683.

7.Прасолова, О. В. Анализ исследований и разработок вакцин в мире / О. В. Прасолова, Д. Г. Исакова, Г. Ю. Косовский // Ветеринария. – 2024. – № 4. – С. 35-38. – DOI 10.30896/0042-4846.2024.27.4.35-38.

8.Lenev, S. V., Biological Properties and Genetic Characteristics of Collection and Epizootic Strains of Salmonella / S. V. Lenev, E. V. Krylova, V. D. Gordeeva [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2022. – Vol. 13, No. 12. – P. 1312. – DOI 10.14456/ITJEMAST.2022.243.

9.Идентификация генов резистентности в рамках ветеринарного мониторинга / О. В. Прасолова, Е. В. Крылова, И. В. Солтынская [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 2. – С. 77-85. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.2.77.

10.Применение методов полногеномного секвенирования в структуре эпизоотологического мониторинга за полирезистентными возбудителями / О. В. Прасолова, Н. А. Кирсанова, Г. В. Коновалова [и др.] // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны : Материалы X юбилейной международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной году науки и технологий, Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. – С. 294-295.

11.Изучение биологических свойств штаммов возбудителей инфекционных болезней животных, выделенных на территории Российской Федерации, и сравнение их с находящимися в коллекциях возбудителями болезней, в том числе, общих для человека и животных, с целью оценки изменчивости их культуральных и морфологических свойств, патогенности, а также изучения их устойчивости к факторам внешней среды и дезинфекционным средствам. Изыскание новых эффек-

тивных средств и методов дезинфекции: методические рекомендации / Э. Д. Джавадов, А. А. Сухинин, С. А. Макавчик [и др.]. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. – 35 с.

12.Методы диагностики болезней сельскохозяйственных животных: учебное пособие для вузов / А. П. Курдеко, С. П. Ковалев, В. Н. Алешкевич [и др.]. – 3-е издание, стереотипное. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2021. – 208 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-8317-4.

13.Молекулярная биология / Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта, А. И. Козицына [и др.]; Карпенко Л.Ю., Бахта А.А., Козицына А.И., Балыкина А.Б., Душенина О.А. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2020. – 240 с.

REFERENCES

1.Jajere SM. A review of Salmonella enterica with particular focus on the pathogenicity and virulence factors, host specificity and antimicrobial resistance including multidrug resistance. Vet World. 2019;12(4):504-521. doi: 10.14202/vetworld.2019.504-521. Epub 2019 Apr 6. PMID: 31190705; PMCID: PMC6515828.

2.Sears K. T., Galen J. E., Tennant S. M. Advances in the development of Salmonella-based vaccine strategies for protection against Salmonellosis in humans //Journal of Applied Microbiology. – 2021. – Т. 131. – №. 6. – С. 2640-2658. https://doi.org/10.1111/jam.15055

3.Weerakhun S., Kongsanan P., Kongkham W. Distribution of Salmonella spp. and serovars isolated from captive reptiles in four zoos of the Zoological Park Organization, Thailand, between 2017 and 2018 //The Thai Journal of Veterinary Medicine. – 2022. – Т. 52. – №. 2. – С. 349-358. https://doi.org/10.56808/2985-1130.3224

4.Ленев, С.В., Совершенствование методов выделения и идентификации бактерий рода Salmonella подвида Arizonae. / С.В. Ленев, А.И. Лаишевцев, Н.В. Пименов // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2018. - №2 (50). – P. 14-23

5.Information Bulletin of the Reference Centre for Salmonellosis Monitoring, No. 35, Moscow, 2023.

6.Lamichhane B, Mawad AMM, Saleh M, Kelley WG, Harrington PJ 2nd, Lovestad CW, Amezcua J, Sarhan MM, El Zowalaty ME, Ramadan H, Morgan M, Helmy YA. Salmonellosis: An Overview of Epidemiology, Pathogenesis, and Innovative Approaches to Mitigate the Antimicrobial Resistant Infections. Antibiotics (Basel). 2024 Jan 13;13(1):76. doi: 10.3390/antibiotics13010076. PMID: 38247636; PMCID: PMC10812683.

7.Prasolova, O. V. Analysis of research and development of vaccines in the world / O. V. Prasolova, D. G. Isakova, G. Y. Kosovsky // Veterinary Medicine. - 2024. - № 4. - P. 35-38. DOI 10.30896/0042-4846.2024.27.4.35-38.

8.Lenev, S. V., Biological Properties and Genetic Characteristics of Collection and Epizootic Strains of Salmonella / S. V. Lenev, E. V. Krylova, V. D. Gordeeva [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2022. – Vol. 13, No. 12. – P. 1312. – DOI 10.14456/ITJEMAST.2022.243.

9.Identification of resistance genes in the framework of veterinary monitoring / Prasolova O.V., Krylova E.V., Soltynskaya I.V., Putintseva A. V.,Timofeev I.A., Kirsanova N.A., Osipova Yu. A., Ivanova O.E., Kish L.K. // International bulletin of Veterinary Medicine. – 2023. – № 2. – P. 77-85. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.2.77.

10.Application of full-genome sequencing methods in the structure of epizootological monitoring of multidrug-resistant pathogens / O. V. Prasolova, N. A. Kirsanova, G. V. Konovalova [et al] // Knowledge of the young for the development of veterinary medicine and agro-industrial complex of the country : Proceedings of the X anniversary international scientific conference of students, postgraduates and young scientists,

dedicated to the year of science and technology, St. Petersburg, 23-24 November 2021. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2021. - P. 294-295.
11. Study of biological properties of strains of pathogens of infectious diseases of animals isolated in the Russian Federation and their comparison with pathogens in collections, including those common to humans and animals, in order to assess the variability of their cultural and morphological properties, pathogenicity, as well as to study their resistance to environmental factors and disinfectants. Research of new effective means and methods of disinfection: methodical recommendations / E. D. Javadov, A. A. Sukhinin, S. A. Makavchik [et al.]. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2021. – 35.
12. Methods of diagnostics of diseases of farm animals: textbook for universities / A. P. Kurdeko, S. P. Kovalev, V. N. Aleshkevich [et al.]. - 3rd edition, stereotype. - Saint-Petersburg: Publishers "Lan", 2021. - 208 c. - (Textbooks for universities. Special literature). - ISBN 978-5-8114-8317-4.
13. Molecular biology / L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta, A. I. Kozitsyna [et al.]; Karpenko L. Yu. - Saint-Petersburg: Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2020. - 240 c.

УДК: 579.62: 577.29
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.67

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ГЕНОВ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ В МИКРОБИОМЕ КИШЕЧНИКА ПОРОСЯТ, КОРОВ И КУР-БРОЙЛЕРОВ

Сыромятников М.Ю. [1,2*] – кан. биол. наук, доц., вед. науч. сотр. (ORCID ID 0000-0001-9028-0613); **Нестерова Е.Ю.** [1] – мл. науч. сотр. (ORCID ID 0000-0003-0918-3547); **Котарев В.И.** [2] – д-р с-х. наук, проф., гл. науч. сотр. (ORCID ID 0000-0003-4411-9372); **Лядова Л.В.** [2] – канд. с-х. наук, доц., вед. науч. сотр. (ORCID ID 0000-0002-1673-9892); **Буракова Е.Ю.** [1] – мл. науч. сотр. (ORCID ID 0000-0002-5881-0845); **Михайлов Е.В.** [2] – канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр. (ORCID ID 0000-0001-5457-1325).

[1]ФГБОУВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
[2]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии»

[*] mihan.vrn@mail.ru

Ключевые слова: *антибиотикорезистентность, куры, свиньи, крупный рогатый скот, высокопроизводительное секвенирование*

Key words: *antibiotic resistance, chickens, pigs, cattle, high-throughput sequencing*

Финансирование: *Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FZGW-2024-0003).*

Поступила: 27.08.2024 **Принята к публикации:20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Антибиотикорезистентность является серьезной проблемой аграрного сектора экономики во всем мире. Бактерии кишечника животных может являться резервуаром для генов антибиотикорезистентности. Целью работы явился сравнительный анализ распространенности генов антибиотикорезистентности в кишечном микробиоме коров, кур-бройлеров и свиней, с помощью метода высокопроизводительного секвенирования. В качестве поискового объектов исследования выступал содержимое кишечнике поросят (n=6), коров (n=6) и кур-бройлеров (n=6), собранных в хозяйствах Воронежской области. Секвенирование проводили на платформе DNBSEQ-G50 (MGI, Китай). Для идентификации генов устойчивости к антибиотикам полученные последовательности после выравнивания сопоставляли с эталонными последовательностями ARG, извлеченными из единой кластеризованной базы данных. Наибольшее количество генов устойчивости к антибиотикам было детектировано у поросят (25 генов). Распространенность генов антибиотикорезистентности среди кур-бройлеров и коров была существенно ниже, 3 и 1 ген соответственно. Био-

информатический анализ секвенированных последовательностей установил широкую распространенность генов резистентности к тетрациклинам (*TetW)* и аминогликозидам (*Aph3-III)*. Среди носителей генов антибиотикорезистентности были идентифицированы опасные для здоровья животных и человека виды, среди которых *Clostridioides difficile*, *Streptococcus suis, Trueperella pyogenes, Campylobacter coli* и *Campylobacter jejuni.* В кишечном микробиоме был идентифицирован патогенный штамм *Staphylococcus aureus*, геном которого обладал генами устойчивости к противомикробным препаратам тетрациклиновой (*TetL*), стрептомициновой (*Ant6-Ia)* и аминогликозидной (*Sat4A)* группам. В то же время установлено, что более 60% бактерий, в содержимом кишечнике поросят, обладающих геном резистентности к тетрациклинам *TetW,* относились к роду *Lactobacillus*. Обнаруженные гены устойчивости к антибиотикам у патогенов могут нести угрозу здоровью поголовья животных в связи неэффективностью будущей антибиотикотерапии.

ВВЕДЕНИЕ/ INTRODUCTION

Самыми распространенными сельскохозяйственными животными в молочной и мясной промышленностях принято считать крупный рогатый скот (КРС), свиней и кур. Стратегии ведения хозяйств у каждой из отрасли различны и оптимизированы под особенности роста, развития и размножения животных. Однако подход применения противомикробных препаратов для стабилизации роста поголовья объединяет все животноводческие комплексы [1].

Антибиотикорезистентность является серьезной проблемой аграрного сектора экономики во всем мире [2]. К антибиотикам, получившим широкое распространение в сельском хозяйстве, относят β-лактамы, сульфаниламиды, аминогликозиды, линкозамиды, макролиды, плевромутилины и тетрациклины [3]. Данные противомикробные препараты применяются повсеместно на различных животноводческих комплексах не только в качестве терапевтического агента, но и как стимуляторы роста. Такое не всегда рациональное использование антибиотиков может приводить к появлению множественной лекарственной устойчивости у поголовья, а также является причиной миграции генов резистентности в окружающую среду, загрязняя всю прилегающую к хозяйству территорию и сточные воды [4].

Профилактическая антибиотикотерапия может стать причиной появления резистентного патогенного штамма в животноводческих хозяйствах [5]. Например, продемонстрировано отсутствие эффективности антимикробных препаратов, относящихся классам циклических полипептидов и пенициллинов в отношении штамма синегнойной палочки *Pseudomonas aeruginosa,* изолированного из патологического материала свиней [6]. Похожие результаты удалось зафиксировать с бактериальным изолятом *Staphylococcus aureus*, выделенным из молока клинически здоровых коров [7]. В результате многолетнего исследования динамики антибиотикорезистентности установлен ежегодный рост уровня антимикробной устойчивости *Enterococcus* spp., выделенного из микробиома молочно-товарной фермы [8]. На птицефабрике выявлен высокий уровень микробной устойчивости к антибиотикам, относящимся к группе фторхинолов, а также выявлен плазмидно-опосредованный механизм передачи генов резистентность у штаммов *Klebsiella pneumoniae*, изолированных из кишечного микробиома цыплят-бройлеров [9].

Бактерии кишечника животных может являться резервуаром для генов антибиотикорезистентности. До сих пор не очевидно, для каких сельскохозяйственных животных характерно наибольшее разнообразие генов антибиотикорезистентности. Работа посвящена сравнительному анализу распространенности генов антибиотикорезистентности в кишечном микробиоме коров, кур-бройлеров и свиней, с помощью метода высокопроизводительного секвенирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В качестве поисковых объектов исследования выступало содержимое кишечника поросят(n=6), коров (n=6) и кур-бройлеров (n=6), собранных в хозяйствах Воронежской области. Идентификация генов антибиотикорезистентности проводилась по методике описанной ранее [10]. Для экстракции ДНК из образцов использовали коммерческий набор HiPure DNA MicroKit (Magen, Китай). Высокопроизводительное секвенирование проводили на платформе DNBSEQ-G50 (MGI,Китай). ДНК фрагментировали с использованием набора MGIEasyFast FS LibraryPrepModule (MGI, Китай). Лигирование адаптеров проводили с комплектом адаптеров A для праймеров MGIEasy UDB (MGI, Китай). Библиотеки были объединены и секвенированы с использованием платформы секвенирования MGI DNBSEQ-G50 (MGI, Китай). Идентификация генов антибиотикорезистентности проводилась с использованием программного обеспечения GROOT с предварительно рассчитанным индексом ARG-ANNOT. Метод сочетает в себе графическое представление наборов генов с локально-чувствительной схемой индексации, чтобы обеспечить быструю классификацию считываний метагеномных последовательностей по сходству. Для идентификации генов устойчивости к антибиотикам полученные последовательности после выравнивания сопоставляются с эталонными последовательностями ARG, извлеченными из единой кластеризованной базы данных.

Таблица 1 – Гены антибиотикорезистентности, детектированные в исследуемых группах сельскохозяйственных животных

Гены устойчивости	Поросята	Куры-бройлеры	Коровы
(AGly)Aac6-Aph2	-	+	-
(AGly)AadA12	+	-	-
(AGly)AadA2	+	-	-
(AGly)AadA5	+	-	-
(AGly)Ant6-Ia	+	-	-
(AGly)Aph3-III	+	+	-
(AGly)Sat4A	+	-	-
(AGly)StrA	+	-	-
(AGly)StrB	+	-	-
(Bla)ACI1	+	-	-
(Bla)AmpC1_Ecoli	+	-	-
(Bla)CTX-M-1	+	-	-
(Bla)CTX-M-32	+	-	-
(Bla)CTX-M-79	+	-	-
(Bla)Penicillin_Binding_Protein_Ecoli	+	-	-
(Bla)TEM-135	+	-	-
(Bla)TEM-54	+	-	-
(Bla)TEM-98	+	-	-
(MLS)LnuB	+	-	-
(Phe)CmlA1	+	-	-
(Sul)SulII	+	-	-
(Sul)SulIII	+	-	-
(Tet)TetA	+	-	-
(Tet)TetL	+	-	-
(Tet)TetR	+	-	-
(Tet)TetW	+	+	+

РЕЗУЛЬТАТЫ/ RESULTS

После проведения высокопроизводительного секвенирования был проведен биоинформатический анализ с целью идентификации генов антибиотикорезистентности. Данные о распространенности генов устойчивости к различным классам антибиотиков среди исследуемых популяций поросят, кур-бройлеров и коров, полученные по результатам ПЦР, представлены в таблице 1.

Наибольшее количество генов устойчивости было детектировано в группе поросят (25 генов). Распространенность антибиотикорезистентности среди кур-бройлеров и коров была существенно ниже. Так, например, анализ показал, что в пробах, полученных от коров, присутствовали гены резистентности лишь к тетрациклину (*TetW*).

Относительное содержание генов антибиотикорезистентности, обнаруженных в образцах, полученных от поросят, представлено на рисунке 1.

Наибольшее количество генов, детектированных в образцах, принадлежали к тетрациклиновой группе – 47%. На бета-лактамные антибиотики приходилось 23% генов, аминогликозиды– 17%, сульфаниламиды–9%, хлорамфеникол–2%, и макролиды-линкозамиды-стрептограмины–1%.

В образцах, полученных от кур-бройлеров, были детектированы гены устойчивости к аминогликозидам (75%) и тетрациклинам (25%). Гены резистентности к другим группам антибиотиков не были обнаружены. (рисунок 2).

Биоинформатический анализ последовательностей, полученных по результатам секвенирования, позволил установить, что в исследуемой выборке образцов всех животных наиболее распространенными оказались гены *TetW* и *Aph3-III*.

Было показано, что более 60% бактерий в фекалиях поросят обладающих генами*TetW,* относились к роду *Lactobacillus.* Следующими по распространенности оказались представители *Limosilactobacillus* – на чью долю приходилось 31%. Доля других бактерий не превышала 1%. Подробные результаты отражены на рисунке 3.

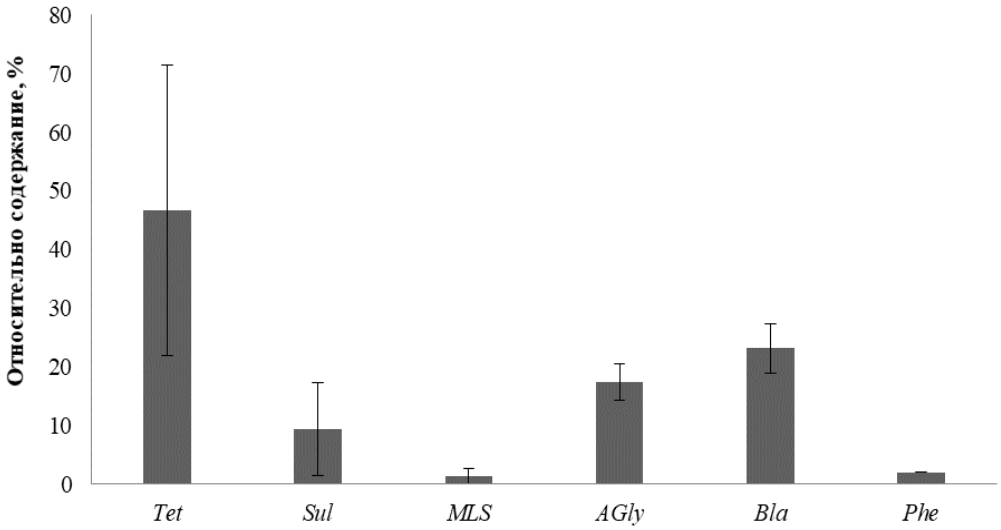


Рисунок 1 - Распространенность генов устойчивости к различным классам антибиотиков в поросят.

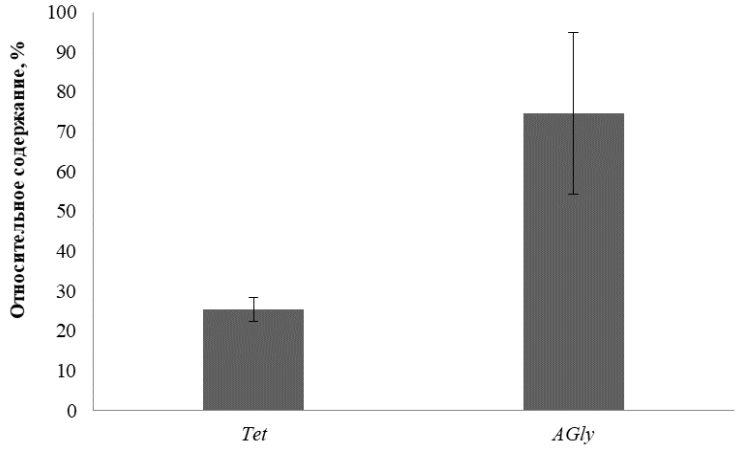


Рисунок 2 - Относительное содержание генов устойчивости к различным классам антибиотиков в группе кур-бройлеров.

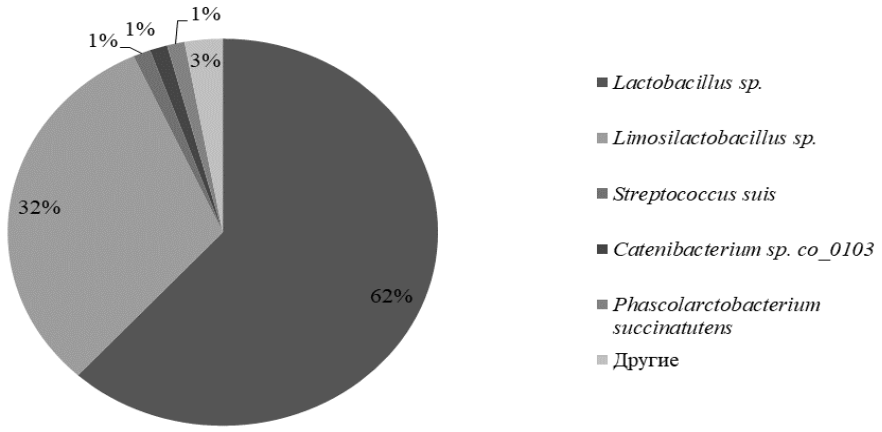


Рисунок 3 - Распределение копий гена TetW между бактериями, изолированными их кишечника поросят.

Среди обилия идентифицированных бактерий, которые несли копии гена *TetW,* были обнаружены опасные для здоровья животных и человека виды, такие как *Clostridioides difficile* и *Streptococcus suis,* последняя из которых является важнейшим патогеном свиней [11].

На рисунке 4 представлена диаграмма встречаемость гена *TetW* среди бактерий, изолированных из кишечника кур-бройлеров.

Подавляющее большинство бактерий, несущих ген *TetW*, не представляет угрозы для жизни и здоровья кур-бройлеров и человека. Однако среди 20 детектированных в микробиоме видов были идентифицированы два патогенных вида – *Clostridioides difficile* (8%) и *Trueperella pyogenes* (2%). *C. difficile* представляет собой опасный патоген, колонизирующий кишечник и вызывающий острые приступы тяжелой диареи у людей. Последствиями инфицирования может стать летальный исход [12]. Условно-патогенная бактерия *T. pyogenes* при попадании в организм животных способствует развитию гнойных инфекций, тем самым нанося значительный урон животноводческим хозяйствам [13].

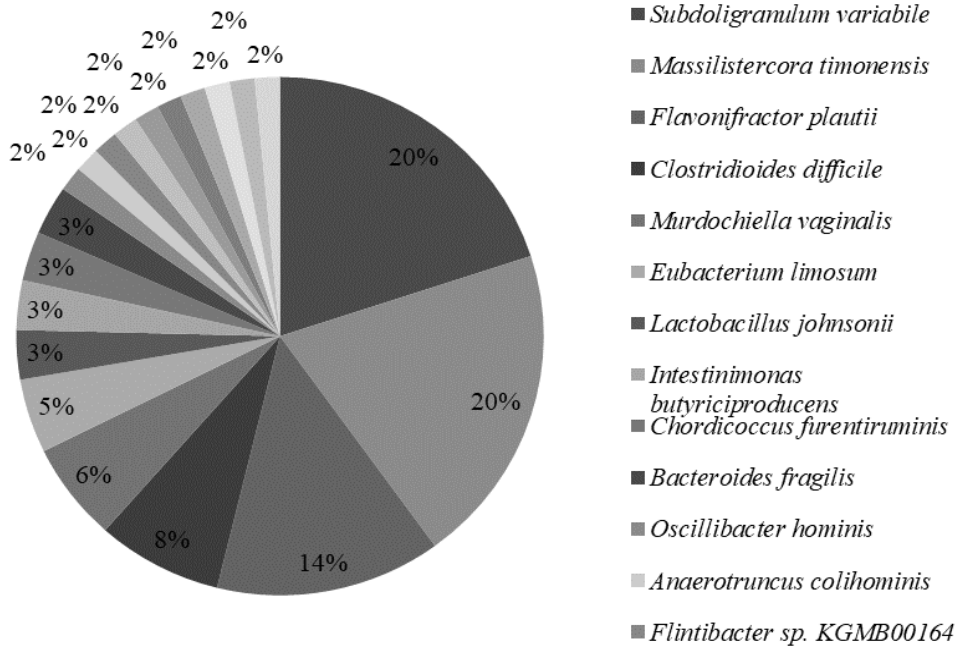


Рисунок 4 - Распределение копий гена TetW между бактериями, изолированными из кишечника кур-бройлеров.

Разнообразие бактерий, изолированных из кишечника коров, было ограничено 6 видами: *Oscillibacter hominis, Faecalibacterium prausnitzii, Schaalia turicensis, Succinivibrio dextrinosolvens*, *Trueperella pyogenes* и *Clostridioides difficill*. Как было описано ранее (см. выше), две последние бактерии являются патогенными для человека и животных (рисунок 5).

Множество бактерий, изолированных из кишечника кур-бройлеров, несли ген *Aph3-III* (рисунок 6).

Помимо наличия гена *TetW,* патогенные бактерии *Clostridioides difficile* несли ген устойчивости к аминогликозидам. Гены *Aph3-III* были детектированы у патогенных для человека бактерий рода *Campylobacter – Campylobacter coli*(3%) и *Campylobacter jejuni* (3%). Они колонизируют желудочно-кишечный тракт, вызывая развитие гастроэнтеритов [14]. При этом для домашних птиц эти бактерии являются компонентами нормальной микрофлоры [15].

У поросят были обнаружены единичные копии гена *Aph3-III*, а их носителей удалось определить лишь до филума Bacillota. У коров, в свою очередь, бактерии, несущие этот ген детектированы не были.

В кишечном микробиоме был идентифицирован патогенный штамм *Staphylococcus aureus*, геном которого обладал генами устойчивости к противомикробным препаратам тетрациклиновой (*TetL*), стрептомициновой (*Ant6-Ia)* и аминогликозидной (*Sat4A)* групп. Доказано, что золотистый стафилококк может стать причиной развития так называемой стафилококковой инфекции, которая выражается артритом, синуситом, кишечными и общими респираторными заболеваниями домашней птицы [16].

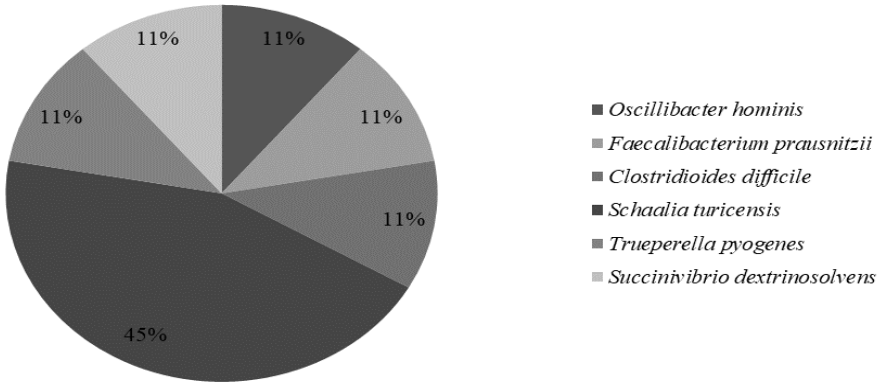


Рисунок 5 - Распределение копий гена TetW между бактериями, изолированными из кишечника коров.

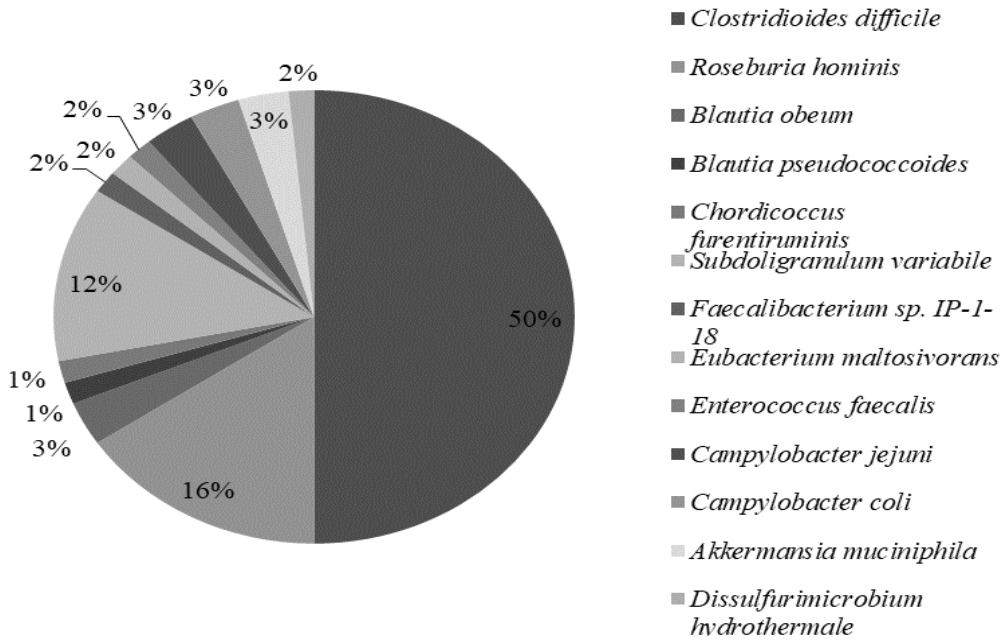


Рисунок 6 - Распределение копий гена Aph3-III между бактериями, изолированными из кишечника кур-бройлеров.

ВЫВОДЫ/ CONCLUSION

Высокопроизводительное секвенирование позволило выявить распространенность генов антибиотикорезистентности в кишечном микробиоме кур-бройлеров, свиней и коров. Наибольшее количество генов устойчивости было детектировано в группе поросят, при этом распространенность антибиотикорезистентности среди кур-бройлеров и коров была существенно ниже. Обилие генов резистентности среди поросят, возможно, может свидетельство-

вать об активном и не всегда рациональном использовании антибиотиков для профилактики и лечения заболеваний в свиноводческих хозяйствах.

Биоинформатический анализ последовательностей, полученных по результатам секвенирования, позволил установить, что в исследуемой выборке образцов наиболее распространенными оказались гены к антибиотикам тетрациклиновой (*TetW)* и аминогликозидной (*Aph3-III)* групп.

Были идентифицированы опасные для здоровья животных и человека виды бактерий, которые обладают генами антибиотикорезистентности, среди которых *Clostridioides difficile*, *Streptococcus suis, Trueperella pyogenes, Campylobacter coli, Campylobacter jejuni* и *Staphylococcus aureus.* Обнаруженные нами гены устойчивости к антибиотикам у данных патогенов могут нести угрозу здоровью поголовья сельскохозяйственных животных в связи неэффективностью будущей антибиотикотерапии. Рациональное применение противомикробных препаратов, а также лечение альтернативными средствами может способствовать решению этой проблемы.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PREVALENCE OF ANTIBIOTIC RESISTANCE GENES IN THE INTESTINE MICROBIOME OF PIGLETS, COWS AND BROILER CHICKENS

Syromyatnikov M.Yu. [1,2*] – PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher (ORCID 0000-0001-9028-0613); **Kotarev V.I.** [2] – PhD in Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, (ORCID 0000-0003-4411-9372); **Lyadova L.V.** [2] – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-1673-9892); **Nesterova E.Yu.** [1] – Junior Researcher (ORCID ID 0000-0003-0918-3547); **Burakova I.Yu.** [1] – Junior Researcher (ORCID ID 0000-0002-5881-0845); **Mikhaylov E.V.** [2] – PhD in Veterinary Sciences, Leading Researcher (ORCID ID 0000-0001-5457-1325).

[1]Voronezh State University of Engineering Technology

[2]All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy

* mihan.vrn@mail.ru

Funding: *The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project FZGW-2024-0003).*

ABSTRACT

Antibiotic resistance is a serious problem in the agricultural sector of the economy worldwide. The intestines of animals can be a reservoir for antibiotic resistance genes. The aim of the work was a comparative analysis of the prevalence of antibiotic resistance genes in the intestinal microbiome of cows, broiler chickens and pigs using high-throughput sequencing. The largest number of antibiotic resistance genes was detected in piglets (25 genes). The prevalence of antibiotic resistance genes among broiler chickens and cows was significantly lower, 3 and 1 gene, respectively. Bioinformatics analysis of the sequences established a wide prevalence of resistance genes to tetracyclines (*TetW*) and aminoglycosides (*Aph3-III*). Among the carriers of antibiotic resistance genes, species dangerous to animal and human health were identified, including *Clostridioides difficile, Streptococcus suis, Trueperella pyogenes, Campylobacter coli, Campylobacter jejuni* and *Staphylococcus aureus*. At the same time, it was established that more than 60% of bacteria in piglet feces possessing the tetracycline resistance gene *TetW* belonged to the genus *Lactobacillus*. The detected antibiotic resistance genes in pathogens may pose a threat to the health of livestock due to the ineffectiveness of future antibiotic therapy.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Мурленков Н.В. Проблемы и факторы развития антибиотикорезистентности в сельском хозяйстве / Н.В. Мурленков // Биология в сельском хозяйстве. – 2019. –

Т. 25. – № 4. – С.11-14.
2.Manyi-Loh C. Antibiotic use in agriculture and its consequential resistance in environmental sources: potential public health implications / C. Manyi-Loh, S. Mamphweli, E. Meyer[et al.] // Molecules. – 2018. – Vol. 23. – № 4. – 795 p. – DOI 10.3390/ molecules23040795.
3.Winkworth-Lawrence C. Antibiotic resistance genes in freshwater biofilms may reflect influences from high-intensity agriculture / C. Winkworth-Lawrence, K. Lange // Microbial Ecology. – 2016. – Vol. 72. – № 4. – P. 763-772. – DOI 10.1007/ s00248-016-0740-x.
4.Baynes R.E. Health concerns and management of select veterinary drug residues / R.E. Baynes, K. Dedonder, L. Kissell[et al.] // Food and Chemical Toxicology. – 2016. – Vol. 88. – P. 112-122. – DOI 10.1016/ j.fct.2015.12.020.
5.Пруцаков С.В. Изучение вирулентных свойств выделенных изолятов Pseudomonas aeruginosa // С.В. Пруцаков, И.А. Болоцкий, В.И. Семенцов [идр.] // Ветеринария Кубани. – 2011. – №1. – С. 16-20.
6.Скориков А.В. Антибиотикорезистентность штаммов Pseudomonas aeruginosa в свиноводческих хозяйствах Краснодарского края / А.В. Скориков, Н.Ю. Басова, Р.А. Кривонос [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2018. – № 2. – С 5-7.
7.Артемьева О.А. Антибиотикорезистентность штаммов Staphylococcus aureus, выделенных из молока высокопродуктивных коров / О.А. Артемьева, Д.А. Никанова, Е.Н. Котковская [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 6. – С. 867-874. – DOI 10.15389/ agrobiology.2016.6.867rus.
8.Кривоногова А.С. Динамика антимикробной резистентности энтерококков на молочно-товарной ферме / А.С. Кривоногова, А.Г. Исаева, О.В. Соколова [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2021. – №4. – С 1-6. – DOI 10.33861/2071-8020-2021-4-9-12.
9.Кривоногова А.С. Антибиотикорезистентность Enterobacter iaceae в микробиомах цыплят-бройлеров / А.С. Кривоногова, И.М. Донник, А.Г. Исаева [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2023. – Т. 53. – № 4. – С. 710-717. – DOI 10.21603/2074-9414-2023-4-2472.
10.Сыромятников М.Ю. Анализ генов антибиотикорезистентности Escherichia coli из кишечника поросят с диареей / М. Ю. Сыромятников, С.В. Шабунин, Е.Ю. Нестерова [и др.] // Ученые записки учреждения образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины". – 2024. – Т. 60. – № 2. – С. 95-100. – DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-2-95-100.
11.Spigaglia P. Clostridioides difficile in pigs and dairy cattle in northern italy: prevalence, characterization and comparison between animal and human strains / P. Spigaglia, F. Barbanti, S. Faccini [et al.] // Microorganisms. – 2023. – Vol. 11. – № 7. – 1738 p. – DOI 10.3390/ microorganisms11071738.
12.Sandhu B.K. Clostridioides difficile / B.K. Sandhu, S.M. McBride // Trends Microbiology. – 2018. – Vol. 26. – № 12. – P. 1049-1050. – DOI 10.1016/ j.tim.2018.09.004.
13.Rzewuska M. Pathogenicity and virulence of trueperellapyogenes: a review / M. Rzewuska, E. Kwiecień, D. Chrobak-Chmiel [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2019. – Vol. 20. – № 11. – P. 2737. – DOI 10.3390/ijms20112737.
14.Alfredson D.A. Antibiotic resistance and resistance mechanisms in Campylobacter jejuni and Campylobacter coli / D.A. Alfredson, V. Korolik // FEMS Microbiology Letters. – 2007. – Vol. 277. – № 2. – P. 123-32. – DOI 10.1111/j.1574-6968.2007.00935.x.
15.Mehat J.W. Campylobacter jejuni and Campylobacter coliautotransporter genes exhibit lineage-associated distribution and decay / J.W. Mehat, R.M. La Ragione, A.H.M. van Vliet // BMC Genomics. – 2020. – Vol. 21. – № 1. – 314 p. – DOI 10.1186/ s12864-020-6704- z.
16.Jiang X. Synergistic pathogenicity of avian orthoreovirus and Staphylococcus aureus on SPF chickens / X. Jiang, D. He, L. Gao [et al.] // Poultry Science. – 2023. – Vol. 102. – № 10. – P. 102996. – DOI 10.1016/j.psj.2023.102996.

REFERENCES
1.Murlenkov N.V. Problems and factors of development of antibiotic resistance in agriculture / N.V. Murlenkov // Biology in agriculture. 2019:25(4):11-14 (In Russ).
2.Manyi-Loh C. Antibiotic use in agriculture and its consequential resistance in environmental sources: potential public health implications / C. Manyi-Loh, S. Mamphweli, E. Meyer [et al.] // Molecules. 2018:23 (4):795. – DOI 10.3390/molecules23040795.
3.Winkworth-Lawrence C. Antibiotic resistance genes in freshwater biofilms may reflect influences from high-intensity agriculture / C. Winkworth-Lawrence, K. Lange // Microbial Ecology. 2016:72(4):763 -772. – DOI 10.1007/s00248-016-0740-x.
4.Baynes R.E. Health concerns and management of select veterinary drug residues / R.E. Baynes, K. Dedonder, L. Kissell[et al.] // Food and Chemical Toxicology. 2016:88:112-122. – DOI 10.1016/ j.fct.2015.12.020.
5.Prutsakov S.V. Study of virulence properties of isolated Pseudomonas aeruginosa isolates // S.V. Prutsakov, I.A. Bolotsky, V.I. Semenov [et al.] // Veterinary Science of Kuban. 2011:1:16-20 (In Russ).
6.Skorikov A.V. Antibiotic resistance of Pseudomonas aeruginosa strains in pig farms of Krasnodar Krai / A.V. Skorikov, N.Yu. Basova, R.A. Krivonos [et al.] // Veterinary Science of Kuban. 2018:2:5-7 (In Russ).
7.Artemyeva O.A. Antibiotic resistance of Staphylococcus aureus strains isolated from milk of high-yielding cows / O.A. Artemyeva, D.A. Nikanova, E.N. Kotkovskaya [et al.] // Agricultural biology. 2016:51 (6):867-874. – DOI 10.15389/ agrobiology.2016.6.867rus (In Russ).
8.Krivonogova A.S. Dynamics of antimicrobial resistance of enterococci on a dairy farm / A.S. Krivonogova, A.G. Isaeva, O.V. Sokolova [et al.] // Veterinary Science of Kuban. 2021:4:1-6. – DOI 10.33861/2071-8020-2021-4-9-12 (In Russ).
9.Krivonogova A.S. Antibiotic resistance of Enterobacter iaceae in the microbiomes of broiler chickens / A.S. Krivonogova, I.M. Donnik, A.G. Isaeva [et al.] // Equipment and technology of food production. 2023:53 (4):710-717. – DOI 10.21603/2074-9414-2023-4-2472 (In Russ).
10.Syromyatnikov M.Yu. Analysis of antibiotic resistance genes of Escherichia coli from the intestines of piglets with diarrhea / M. Yu. Syromyatnikov, S.V. Shabunin, E.Yu. Nesterova [et al.] // Scientific notes of the educational institution "Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine". 2024:60(2):95-100. – DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-2-95-100 (In Russ).
11.Spigaglia P. Clostridioides difficile in pigs and dairy cattle in northern italy: prevalence, characterization and comparison between animal and human strains / P. Spigaglia, F. Barbanti, S. Faccini [et al.] // Microorganisms. 2023:11(7):1738. – DOI 10.3390/microorganisms11071738.
12.Sandhu B.K. Clostridioides difficile / B.K. Sandhu, S.M. McBride // Trends Microbiology. – 2018. – Vol. 26. – № 12. – P. 1049-1050. – DOI 10.1016/ j.tim.2018.09.004.
13.Rzewuska M. Pathogenicity and virulence of trueperellapyogenes: a review / M. Rzewuska, E. Kwiecień, D. Chrobak-Chmiel [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2019:20(11):2737. – DOI 10.3390/ ijms20112737.
14.Alfredson D.A. Antibiotic resistance and resistance mechanisms in Campylobacter jejuni and Campylobacter coli / D.A. Alfredson, V. Korolik // FEMS Microbiology Letters. 2007:277(2):123-32. – DOI 10.1111/ j.1574-6968.2007.00935.x.
15.Mehat J.W. Campylobacter jejuni and Campylobacter coliautotransporter genes exhibit lineage-associated distribution and decay / J.W. Mehat, R.M. La Ragione, A.H.M. van Vliet // BMC Genomics. 2020:21(1):314 p. – DOI 10.1186/s12864-020-6704- z.
16.Jiang X. Synergistic pathogenicity of avian orthoreovirus and Staphylococcus aureus on SPF chickens / X. Jiang, D. He, L. Gao [et al.] // Poultry Science. 2023:102 (10):102996. – DOI 10.1016/ j.psj.2023.102996.

УДК: 578.823:619
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.77

РЕАКЦИЯ ДИФФУЗИОННОЙ ПРЕЦИПИТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКОМБИНАНТНОГО БЕЛКА VP2 ВИРУСА ИНФЕКЦИОННОЙ БУРСАЛЬНОЙ БОЛЕЗНИ

Веретенников В.В.[1*] **–** канд. ветеринар. наук, асс. каф. эпизоотологии им В.П. Урбана**; Румянцев А.М.**[2] **–** канд. биол. наук, науч. сотр. каф. генетики и биотехнологии; **Джавадов Э.Д.**[1] **–** д-р ветеринар. наук, проф. каф. эпизоотологии им В.П. Урбана; **Тарлавин Н.В.**[1] **–** канд. ветеринар. наук, асс. каф. эпизоотологии им В.П. Урбана; **Красков Д.А.** [1] – асп. 2-го года кафедры эпизоотологии им В.П. Урбана; **Иштуганова В.В.** [2] – студ. каф. генетики и биотехнологии.

[1] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»
[2] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет».

*vlad.veretennikov.96@mail.ru

Ключевые слова: *рекомбинантный белок, вирус инфекционной бурсальной болезни, вакцина, промышленное птицеводство.*

Key words: *recombinant protein, infectious bursal disease virus, vaccine, industrial poultry production.*

Финансирование. *Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-20116, https://rscf.ru/project/24-26-20116/ и Санкт-Петербургского научного фонда.*

Поступила: 27.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Инфекционная бурсальная болезнь (ИББ) – это высококонтагиозная, иммунодепрессивная вирусная болезнь молодняка птиц, наносящее значительный экономический ущерб птицеводческой отрасли во всем мире. Вакцинация является наиболее важной мерой борьбы с ИББ. В промышленном птицеводстве все чаще и чаще применяются векторные вакцины против данной болезни (Vaxxitek HVT + IBD, VECTORMUNE® HVT-IBD). Их особенностью является синтез белка VP2 вируса ИББ, который является главным протективным антигеном при данной болезни. К сожалению, в Российской Федерации отсутствуют отечественные наборы для определения поствакцинальных титров антител на данные вакцины, поэтому разработка отечественных серологических наборов на белок VP2 вируса ИББ является актуальным направлением исследований на сегодняшний день. Цель настоящей работы – изучить специфичность рекомбинантного белка VP2, синтезированного в бактериальной системе экспрессии, в реакции диффузионной преципитации (РДП). В результате проведенных исследований на базе ФГБОУ ВО СПбГУВМ и ФГБОУ ВО СПбГУ получены штаммы *Escherichia coli*, которые синтезируют полноразмерный белок VP2 в концентрации 90 мкг/мл. Данный белок был использован как антиген в РДП в диагностиче-

ском разведении 1:8 с положительной сывороткой кур кросса Lohmann Brown в количестве 10 шт. с титром антител на вирус ИББ в ИФА (1:10 000). Были показаны полосы преципитации в агаровом геле и установлено, что синтезированный белок VP2 является специфичным. Полученные данные свидетельствуют об эффективном использовании рекомбинантных антигенов в качестве компонентов диагностических наборов.

ВВЕДЕНИЕ /INTRODUCTION

Возбудителем инфекционной бурсальной болезни является Avibirnavirus семейства Birnaviridae, который поражает незрелые В-лимфоциты в бурсе Фабрициуса, что приводит к атрофии этого органа и, как следствие, к иммуносупрессии. Инфицированная птица становится восприимчивой к широкому спектру других вирусных и бактериальных патогенов, что вызывает высокую смертность в птицеводческих хозяйствах [1]. Важным моментом в борьбе с ИББ является выбор времени вакцинации молодых цыплят. Цыплята защищены материнскими антителами в первые 2-3 недели жизни. Преждевременное введение вакцинного штамма может нейтрализовать вирус и снизить эффективность вакцинации. Следовательно, скрининг цыплят на иммунный статус до и после вакцинации имеет большое значение, и разработка надежных тест-систем является актуальным [2].

В прошлом диагностика ИББ основывалась на исследовании специфических клинических симптомов и патологии. В настоящее время известно множество способов, используемых для определения титра антител к вирусу ИББ, таких как реакция нейтрализации (РН), реакция иммунофлюоресценции (РИФ), реакция диффузионной преципитации в агаровом геле (РДП) и иммуноферментный анализ (ИФА). РДП является специфичным методом выявления антител как к вирусу ИББ, так и к белку VP2. При помощи диагностических сывороток с использованием РДП можно определить антиген в патологическом материале. Сообщалось, что при использовании рекомбинантного белка VP2 вируса ИББ в серологических тестах получалось успешно детектировать специфические антитела [3], а другие исследователи сообщили, что чувствительность и специфичность обнаружения специфических антител с помощью VP2 синтезированного в клетках насекомых, лучше, чем при использовании белка VP3 [4]. Поэтому целью настоящей работы было изучить специфичность рекомбинантного белка VP2, синтезированного в бактериальной системе экспрессии, в реакции диффузионной преципитации (РДП).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Плазмида, штаммы бактерий и условия культивирования.

В работе использована полученная ранее плазмида pET23a-VP2, которая содержит последовательность гена оболочечного гликопротеина VP2 от эпизоотического штамма инфекционной бурсальной болезни «Синявинский» [5]. Для синтеза белков использовали штамм бактерий *Escherichia coli* BL21(DE3) pLysS (генотип: F– *ompT gal dcm lon hsdSB(rB–mB–) λ (DE3 [lacI lacUV5-T7p07 ind1 sam7 nin5]) [malB+] K–12(λS) pLysS(Cam^R)*, Евроген, Россия).

Для культивирования бактерий использовали среду LB: 1% триптон, 0.5% дрожжевой экстракт, 170 мМ NaCl, 2.4% агар (если среда твердая). Культуры бактерий *E. coli* рутинно выращивали в термостате при температуре 37°C. При синтезе белка температуру понижали. Для индукции синтеза белка в среду добавляли изопропил-β-D-1-тиогалактопиранозид (ИПТГ) в концентрации 0,1 мМ.

Анализ синтезируемых белков.

После культивирования клетки бактерий собирали центрифугированием (5 минут при 5000 об/мин). Среду удаляли и осадок клеток разводили в фосфатно-солевом буфере (PBS, 0,01 М, pH 7,4) в объёме, соответствующем 1/5 объёма исходной культуры. Клетки разрушали с использованием ультразвука, после чего остатки клеток собирали центрифугиро-

ванием (15 минут при 10000 об/мин). Далее отбирали надосадочную жидкость, содержащую растворимые белки.

Электрофорез белков в полиакриламидном геле в денатурирующих условиях проводили согласно общеизвестной методике [6]. Для анализа электрофореграмм и определения концентрации белков использовали программу ImageJ [7].

Реакция диффузионной преципитации.

В качестве антигена использовали лизаты бактериальных клеток, содержащие синтезированный рекомбинантный белок VP2 вируса инфекционной бурсальной болезни.

Сыворотка крови. В качестве отрицательного контроля использовали сыворотку крови кур, не имеющих антител к вирусу ИББ. В качестве положительного контроля – сыворотку крови кур кросса Lohmann Brown в количестве 10 шт., полученную после вакцинации на базе ФГБОУ ВО СПбГУВМ с титром антител на вирус ИББ в ИФА (1:10 000) [1].

Материалы, необходимые для постановки реакции. Дистиллированная вода, агар «Дифко» (Becton Dickinson, США), хлористый натрий.

Постановка реакции. РДП проводили по стандартной методике [8]. Готовили агаровую среду, состоящую из 1 % агара «Дифко» и 8% раствора NaCl. Пробы с рекомбинантным белком VP2 вируса ИББ исследовали методом последовательных двукратных разведений, начиная с цельного разведения и до 1:32. Оптимальным диагностическим разведением антигена считали 1:8. Пробу испытуемой диагностической сыворотки разводили физиологическим раствором 1:2 и последовательным двукратным шагом доводили до разведения 1:32. Оптимальным диагностическим разведением положительной сыворотки считали 1:8. После заполнения лунок чашки Петри помещали в термостат при температуре +37°С. Учет результатов проводили через 48-72 ч. после постановки реакции. Агар в чашках Петри окрашивали 1 ч. в растворе Кумасси (Coomassie brilliant blue G-250 (Servicebio, Китай), 0,5% раствор в смеси метанола, ледяной уксусной кислоты и воды в соотношении 50:10:40) и отмывали смесью изопропилового спирта, уксусной кислоты и воды (25:10:65). Реакцию учитывали при наличии линий преципитаций между положительным антигеном и положительной сывороткой, а также отсутствием линий преципитаций между контрольным антигеном и сывороткой кур, свободных от антител к вирусу ИББ, которые были проверены на наборе ID Screen® IBD VP2 (ID.vet, Франция).

Специфичность. Аналитическую специфичность определяли тестированием сыворотки кур, не имеющих антител к вирусу ИББ (данные сыворотки были проверены методом ИФА с использованием набора ID Screen® IBD VP2).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Белок VP2 синтезировали в клетках штамма бактерий *E. coli* BL21(DE3) pLysS, содержащих плазмиду pET23a-VP2 [2]. Клеточные лизаты, содержащие растворимые белки анализировали с помощью денатурирующего электрофореза в полиакриламидном геле (Рис. 1).

Был продемонстрирован синтез нужного рекомбинантного белка VP2 размером 48 кДа. При анализе электрофореграмм за счёт сравнения с образцами контрольного белка с известной концентрацией была определена концентрация VP2 в растворе – 90 мкг/мл.

Клеточные лизаты, содержащие растворимые белки и рекомбинантный VP2 использовали в качестве антигена для постановки реакции диффузионной преципитации с положительной сывороткой в разведении 1:8 (Рис. 2) и отрицательной сывороткой крови птиц кросса Lohmann Brown в объёме 45 мкл. Дополнительно провели РДП с лизатом клеток штамма бактерий *E. coli* BL21(DE3) pLysS, не содержащих плазмиду pET23a-VP2.

За положительный результат РДП принимали образование линии преципитаций между лункой с исследуемой сыворотки и положительным антигеном в разведении. Наибольшее разведение антигена, дающее линию преципитации с гомо-

логичной сывороткой (в данном случае 1:8), являлось показателем титра антигена. Было показано, что титр антигена VP2 в РДП при синтезе в бактериальной системе экспрессии – 1:16. Данный титр антигена является высоким, так как при остром заражении птсумке Фабрициуса редко превышал 1:16 в РДП [1]. Полос преципитации не было обнаружено иц вирусом ИББ титр антигена в при использовании лизата клеток штамма бактерий E. coli BL21(DE3) pLysS, не содержащих плазмиду pET23a-VP2, в качестве антигена.

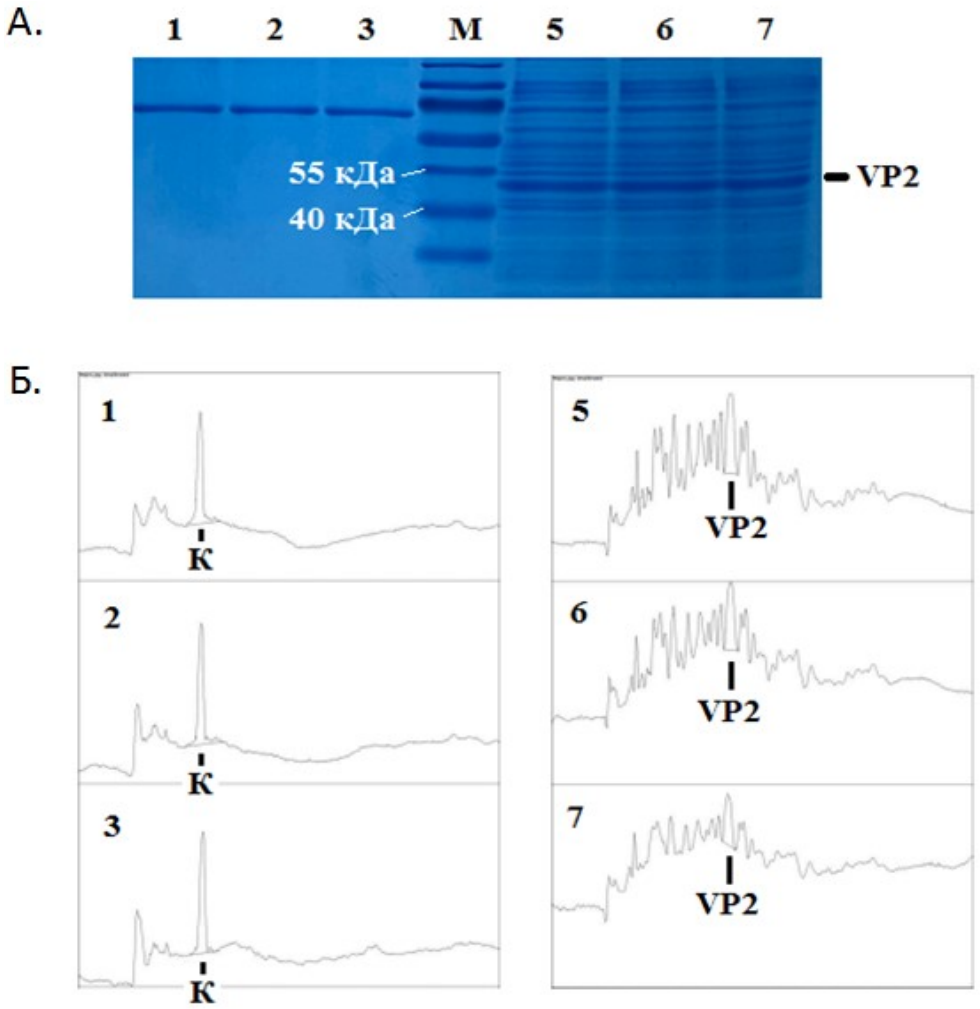


Рисунок 1 – А. Электрофореграммы 1-3) пробы контрольного белка кональбумина (78 кДа, 100 мкг/мл), 5-6) пробы клеточных лизатов, содержащие рекомбинантный белок VP2 размером (48 кДа), М – маркермолекулярного веса белков. Б. Денситограммы, полученные в результате анализа дорожек на электрофореграмме. Отмечены пики, соответствующие контрольному белку и рекомбинантному VP2. Сравнение площадей пиков в программе ImageJ позволило определить концентрацию VP2 в лизате (90 мкг/мл).

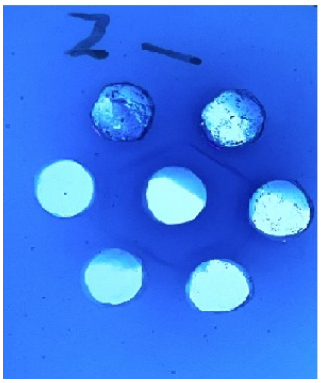


Рисунок 2 – РДП – в центре положительная сыворотка на ИББ в разведении 1:8, по бокам рекомбинантный белок VP2 в разведении с цельного до 1:32.

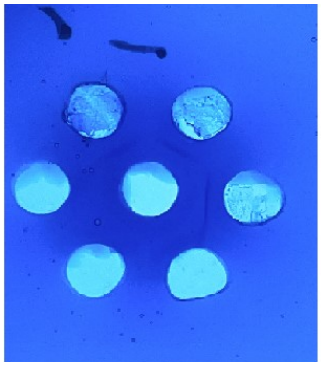


Рисунок 3. РДП – в центре рекомбинантный белок VP2 в разведении 1:8, по бокам сыворотка цыплят на 14 день после вакцинации в разведении с цельного до 1:32.

Полосы преципитации на Рисунке 2 подтверждают специфичность белка VP2 в РДП к антителам на вирус ИББ. Так как данный белок можно использовать не только для диагностики живых вакцин, но и рекомбинантных, то нами был проведен дополнительный эксперимент с вакцинацией десяти 30-дненвных птиц свободных от антител к вирусу ИББ и контрольной группы. Образцы для иммунизации готовились с использованием адъюванта (гель гидроокиси алюминия 6%), антигена VP2 (титр в РДП 1:16) и изотонического раствора натрия хлорида. Иммунизацию цыплят проводили путем подкожного введения 0,3 $см^3$.

Образцы крови собирали на 14 день после вакцинации. Антигенную активность в сыворотках оценивали по титрам антител с помощью реакции диффузионной преципитации (Рис. 3).

Из рисунка видно, что после вакцинации на 14 день средний титр антител к белку VP2 вируса инфекционной бурсальной болезни у птиц составлял 1:4 в РДП. По данным Джавадова Э.Д., цельный титр антител в реакции диффузионной преципитации является защитным при ИББ [2]. Полос преципитации не было обнаружено при использовании сывороток от контрольной группы.

ВЫВОДЫ/ CONCLUSION

На базе ФГБОУ ВО СПбГУВМ проведены опты по использованию белка VP2 вируса инфекционной бурсальной болезни в реакции диффузионной преципитации. Рекомбинантный белок VP2 синтезированный в *E. coli* обладает специфичностью в реакции диффузионной преципитации с куриными антителами, полученными после вакцинации против инфекционной бурсальной болезни (как после применения живой вакцины, так и рекомбинантной против ИББ). Было показано, что РДП с использованием диагностической сывороткой в титре 1:8 можно использовать для идентификации и подсчета концентрации рекомбинантного белка VP2. Также были получены результаты по использованию белка VP2 в разведе-

нии 1:8 в качестве антигена в реакции диффузионной преципитации. На 14 день после вакцинации птиц образцом рекомбинантной вакцины средний титр антител составил 1:4 в РДП. Все контрольные отрицательные сыворотки не образовывали полос преципитации, что также подтверждает специфичность данного белка. Важно отметить, что для РДП использовался клеточный лизат, а не очищенный рекомбинантный белок VP2, что позволяет существенно сократить затраты на производство.

Использование рекомбинантных антигенов в качестве компонентов диагностических наборов может удешевить производство наборов и, в конечном итоге, снизить затраты на ветеринарные услуги для птиц. Синтез рекомбинантных белков в E. *coli* является простой и дешевой процедурой, которая позволяет получать большое количество рекомбинантного белка за минимальное время.

DIFFUSION PRECIPITATION REACTION USING RECOMBINANT VP2 PROTEIN OF INFECTIOUS BURSAL DISEASE VIRUS

Veretennikov V.V.[1*] – Candidate of Veterinarian Sciences, Assistant of the Department of Epizootology named after V.P. Urban; **Rumyantsev A.M.**[2] – Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Department of Genetics and Biotechnology; **Dzhavadov E.D.**[1] – Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Epizootology named after V.P. Urban; **Tarlavin N.V.**[1] – Candidate of Veterinarian Sciences, assistant of the Department of Epizootology named after V.P. Urban; **Kraskov D.A.**[1] – 2nd year postgraduate student of the Department of Epizootology named after V.P. Urban; **Ishtuganova V.V.**[2] – student at the Department of Genetics and Biotechnology.

[1] St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

[2] St. Petersburg State University

*vlad.veretennikov.96@mail.ru

Funding. *The study was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 24-26-20116, https://rscf.ru/project/24-26-20116/ and the St. Petersburg Science Foundation.*

ABSTRACT

Infectious bursal disease (IBD) is a highly contagious, immunosuppressive viral disease of young birds that causes significant economic losses to the poultry industry worldwide. Vaccination is the most important measure to control IBD. Vector vaccines against this disease (Vaxxitek HVT + IBD, VECTORMUNE® HVT-IBD) are used more and more often in industrial poultry farming. Their peculiarity is the synthesis of VP2 protein of IBD virus, which is the main protective antigen in this disease. Unfortunately, in the Russian Federation there are no domestic kits for the determination of postvaccinal antibody titers for these vaccines, so the development of domestic serologic kits for the VP2 protein of IBD virus is an urgent area of research today. The aim of the present work was to investigate the specificity of recombinant VP2 protein synthesized in a bacterial expression system in diffusion precipitation reaction (DPR). As a result of this research, Escherichia coli strains that synthesize full-length VP2 protein at a concentration of 90 μg/mL were obtained on the basis of FSBEI HE SPbSUVM and FSBEI HE SPbSU. This protein was used as antigen in RDP in diagnostic dilution 1:8 with positive serum of 10 Lohmann Brown cross chickens with antibody titer for IBD virus in ELISA (1:10 000). The precipitation bands in agar gel were shown and the synthesized VP2 protein was found to be specific. The data obtained indicate the effective use of recombinant antigens as components of diagnostic kits.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Веретенников, В. В. Идентификация вируса инфекционной бурсальной болезни методом диффузной преципитации / В. В. Веретенников // Материалы 73-й международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГАВМ,

Санкт-Петербург, 08–17 апреля 2019 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2019. – С. 47-48.
2.Джавадов, Э. Вирусные болезни: диагностика и профилактика / Э. Джавадов // Животноводство России. – 2015. – № S1. – С. 7-10.
3.Jackwood DJ, Henderson KS, Jackwood RJ (1996) Enzyme-linked immunosorbent assay-based detection of antibodies to antigenic subtypes of infectious bursal disease viruses of chickens. Clin Diagn Lab Immunol 3(4):456–463
4.Martinez-Torrecuadrada JL, Lazaro B, Rodriguez JF, Casal JI (2000) Antigenic properties and diagnostic potential of baculovirus-expressed infectious bursal disease virus proteins VPX and VP3. Clin Diagn Lab Immunol 7:645–651.
5.Синтез рекомбинантных белков вируса инфекционной бурсальной болезни в бактериальной системе / В. В. Веретенников, Н. В. Тарлавин, Э.Д. Джавадов, А. М. Румянцев // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2022. – No 4(21). – С. 22 -29. – DOI 10.17238/issn2541-8203.2022.4.22.
6.А. Остерман Л. А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование (практическое пособие). М.: Наука, 1981.
7.Б. Schneider, C., Rasband, W. & Eliceiri, K. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. Nat Methods 9, 671–675 (2012). https://doi.org/10.1038/nmeth.2089
8.Сравнение чувствительности РДП и ИФА при обнаружении антигена вируса инфекционного энцефаломиелита птиц и специфических антител к нему / А. Э. Меньщикова, В. Н. Ирза, Н. В. Беляева [и др.] // Труды Федерального центра охраны здоровья животных. – 2007. – Т. 5. – С. 361-366.

REFERENCES

1.Veretennikov, V. V. Identification of infectious bursal disease virus by the method of diffuse precipitation / V. V. Veretennikov // Proceedings of the 73rd International Scientific Conference of Young Scientists and Students of SPbGAVM, St. Petersburg, April 08-17, 2019. - St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2019. - C. 47-48.
2.Dzhavadov, E. Viral diseases: diagnosis and prevention / E. Javadov // Livestock of Russia. - 2015. - № S1. - C. 7-10.
3.Jackwood DJ, Henderson KS, Jackwood RJ (1996) Enzyme-linked immunosorbent assay-based detection of antibodies to antigenic subtypes of infectious bursal disease viruses of chickens. Clin Diagn Lab Immunol 3(4):456-463
4.Martinez-Torrecuadrada JL, Lazaro B, Rodriguez JF, Casal JI (2000) Antigenic properties and diagnostic potential of baculovirus-expressed infectious bursal disease virus proteins VPX and VP3. Clin Diagn Lab Immunol 7:645-651. https://doi. org/10.1128/cdli.7.4.645-651.2000
5. Synthesis of recombinant proteins of infectious bursal disease virus in a bacterial system / V. V. Veretennikov, N. V. Tarlavin, E. D. Javadov, A. M. Rumyantsev // Veterinary Pharmacological Bulletin. - 2022. - No 4(21). - C. 22-29. - DOI 10.17238/issn2541-8203.2022.4.22.
6.A. Osterman L. A. Methods of Protein and Nucleic Acid Research: Electrophoresis and Ultracentrifugation (practical manual). Moscow: Nauka, 1981.
7.B. Schneider, C., Rasband, W. & Eliceiri, K. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. Nat Methods 9, 671-675 (2012). https://doi.org/10.1038/nmeth.2089
8.Comparison of sensitivity of RDP and ELISA in the detection of avian infectious encephalomyelitis virus antigen and specific antibodies to it / A. E. Menshchikova, V. N. Irza, N. V. Belyaeva [et al.] // Proceedings of the Federal Center for Animal Health Protection. - 2007. - VOL. 5. - P. 361-366.

УДК: 619:616.98:579.852.13К (571.53)
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.84

ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКОЕ РАССЛЕДОВАНИЕ ВСПЫШКИ ЭМФИЗЕМАТОЗНОГО КАРБУНКУЛА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА (НА ПРИМЕРЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ)

Мельцов И.В.[1] – канд. ветеринар. наук, доц. (ORCID 0000-0001-8566-7004); **Блохин А.А.**[2] – канд. ветеринар. наук, зав. лабораторией эпизоотологии и биоинформатики (ORCID 0000-0001-5161-1184); **Сухинин А.А.**[3*] – д-р биол. наук, проф., зав. каф. микробиологии, вирусологии и иммунологии (ORCID 0000-0002-1245-3440); **Батомункуев А.С.** [1] – д-р ветеринар. наук, доц. (ORCID 0000-0002-2263-6355); **Кутузова Л.А.**[1] – студ.

*sukhininalexandr@mail.ru

[1] ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»;
[2] Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии»;
[3] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

Ключевые слова: *крупный и мелкий рогатый скот, эмфизематозный карбункул (эмкар), эпизоотологическое обследование.*
Keywords: *cattle and small cattle, emphysematous carbuncle (emcar), epizootological examination.*

Поступила: 25.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В настоящее время одной из значимых проблем в животноводстве, в том числе и в молочном скотоводстве, остается регистрация остропротекающих болезней, обусловленных клостридиями. В данной работе использованы результаты эпизоотологического обследования эпизоотического очага инфекционной болезни крупного и мелкого рогатого скота в Аларском районе Иркутской области. Статистическую обработку результатов проводили с использованием стандартного пакета прикладных программ Microsoft Excel и методов эпизоотологического анализа. Из биологического материала высеваются термостабильные микроорганизмы, дающие на среде Китт-Тароцци интенсивное газообразование, что указывает на наличие в патологическом материале анаэробных бактерий. В мазках культур, выделенных из биологического материала от погибших животных, выявляются грамположительные палочки со спорами, расположенными субтерминально. Развитие болезни у вакцинированных животных может свидетельствовать как о неэффективности вакцины (это подтверждается информацией из других регионов), так и о появлении мутантных вариантов *Clostridium chauvoei*. Описанные эпизоотологические особенности проявления болезни, клинические признаки, патологоанатомические изменения и ре-

зультаты первичных лабораторных исследований позволяют поставить диагноз эмфизематозный карбункул. Проводимые Службой ветеринарии Иркутской области мероприятия в должной мере обеспечивают локализацию эпизоотических очагов и недопущение распространения болезни за пределы неблагополучного пункта в соответствие с действующими ветеринарными правилами. Собственникам животных рекомендованы мероприятия по улучшению содержания животных: прекращение зимнего выпаса, кормление сеном и в условиях подворий, запрет вывоза необеззараженного навоза на территории общего пользования и выпаса скота. Однако данные рекомендации в силу сложившихся этнических и культурных аспектов ведения скотоводства выполняются не в полной мере.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В настоящее время одной из значимых проблем в животноводстве, в том числе и в молочном скотоводстве, остается регистрация остропротекающих болезней, обусловленных клостридиями. В группу клостридиозов входят такие инфекционные болезни, как столбняк, ботулизм, злокачественный отек, анаэробная энтеротоксемия и эмфизематозный карбункул, которые часто встречаются не только в массовом животноводстве, но и в небольших частных хозяйствах [1, 2].

Эмфизематозный карбункул (эмкар) – острая неконтагиозная инфекционная болезнь крупного рогатого скота, овец и коз (далее - восприимчивые животные). Характерными клиническими признаками эмкара являются повышение температуры тела до 40-41°С, возникновение крепитирующих, увеличивающихся отеков мышц в различных частях тела, при поражении конечностей - хромота. Болезнь проявляется энзоотически, в пастбищный период. У овец болезнь протекает в виде раневой инфекции. Возбудителем эмкара является анаэробный, спорообразующий микроорганизм Clostridium chauvoei [3, 4, 5]

Эмкар распространен во всех странах мира, в том числе и в России, независимо от географического положения и почвенно-климатических условий. В неблагополучных хозяйствах причиняет большой ущерб из-за гибели животных и затрат на проведение противоэпизоотических мероприятий [6].

В соответствии с «Ветеринарными правилами проведения регионализации территории Российской Федерации» (Приказ Минсельхоза России № 635 от 14 декабря 2015 г. в редакции от 22 ноября 2021 г.) по статусу благополучия по эмфизематозному карбункулу (эмкару) регионы Российской Федерации подразделяются на:

благополучные регионы;

неблагополучные регионы;

регионы с неопределенным статусом [7].

Согласно этим правилам, была проведена регионализация территорий Российской Федерации и выделены регионы с вакцинацией против эмкара и регионы без вакцинации.

Неблагополучными регионами по эмфизематозному карбункулу в России являются 8 областей и республик, это Волгоградская область, Республика Северная Осетия-Алания, Республика Тыва, Республика Саха (Якутия), Забайкальский край, Республика Бурятия и Иркутская область

Таким образом, существует необходимость проведения эпизоотологического обследования, а также детального и тщательного расследования каждого случая проявления инфекционной болезни ветеринарными специалистами государственной ветеринарной службы Иркутской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В данной работе использованы результаты эпизоотологического обследования эпизоотического очага инфекционной болезни крупного и мелкого рогатого скота в Аларском районе Иркутской области.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием стандартного пакета прикладных программ

Microsoft Excel и методов эпизоотологического анализа [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Сведения об эпизоотическом инциденте. Последний случай эмкара официально зарегистрирован в Ольхонском районе Иркутской области в 1947 году в колхозе Курецкий в селе Куреть (E107.194265; N53.090625) в стаде крупного рогатого скота.

Официально вспышка расследуемого заболевания зарегистрирована 19 ноября 2019 года в личном хозяйстве А.А. Арганова, расположенного в селе Шара-Тогот Ольхонского района Иркутской области (E106.711259; N53.001266). Поголовье животных в селе Шара-Тогот по состоянию на январь 2020 года: крупный рогатый скот – около 350 голов, местный, беспородный; лошади – 17 голов; овцы – 110 шт. (рис. 1).

Вспышка инфекционной болезни зафиксирована в популяции предположительно иммунизированных животных. Плановая вакцинация против эмкара проведена ветеринарными специалистами Ольхонского филиала ОГБУ «Иркутская городская СББЖ» 16 октября 2019 года. По данным описи привито 153 молодняка крупного рогатого скота. Для вакцинации использовали концентрированную гидроокисьалюминиевую формолвакцину против эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота и овец производства ФКП «Армавирская биофабрика», вакцина на момент применения действительна до 07.2020, серия 15, в дозе 2,0 мл на голову.

Хронология развития эпизоотического процесса и принятых мер представлена в таблице 1 и рисунке 2.



Рисунок 1 – Восприимчивые к эмфизематозному карбункулу животные в с. Шара-Тогот, 03.03.2020 года.

Данные таблицы показывают, что после начала вакцинации животных против клостридиоза вакциной Клостбовак-8 гибель животных наблюдалась через несколько дней после первого или второго введения вакцины. Этот факт объясняется тем, что вакцину вводили животным уже инфицированным и находящимся в инкубационном периоде заболевания. При сохранении практики использования вакцины среди животных энзоотической территории ситуация с заболеваемостью животных нормализуется.

Таблица 1– Хронология развития эпизоотического процесса и осуществленных мероприятий в очаге и неблагополучном по эмкару пункте

Дата	Событие	Вид животного, половозрастная группа	Количество голов, заболело или пало/всего	Место (№ на карте, ФИО владельца)	Сведения о вакцинации	Лаб. данные	Меры
19.11.2019	Гибель	КРС, молодняк, бычок, 7 мес.	1/6	1. Арганов А.А.	Нет данных	Эмкар от 27.11. 2019	Карантин на ЛПХ. Сжигание трупа. Дезинфекция места локации трупа хлорной известью и помещений средством «Дезолайн-Ф»
28.11.2019	Дезинфекция			1, Арганов А.А.			Дезинфекция «Дезолайн-Ф» помещений
02.12.2019	Вакцинация	КРС, все	224	Шара-Тогот	формолвакцина против эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота и овец концентрированная гидроокисьалюминивая, изготовитель ФКП «Армавирская биофабрика» годен до 07.2020г серия 15.		
12.12.2019	Дезинфекция			1. Арганов А.А.			Дезинфекция «Дезолайн-Ф» помещений
13.12.2019	Гибель	КРС, молодняк, бычок, 6 мес., №013306	1/6	2. Маланов М.И.	Да	Эмкар от 23.12.2019	Карантин на ЛПХ. Сжигание трупа. Дезинфекция места локации трупа хлорной известью и помещений средством «Дезолайн-Ф»
14.12.2019				2, Маланов М.И.			Дезинфекция «Дезолайн-Ф» помещений
14.12.2019	Гибель	КРС, молодняк, телка, 1,5 года, №013385	1/5	3, Осодоев К.Г.	Да	Эмкар от 23.12.2019	Сжигание трупа. Дезинфекция места локации трупа хлорной известью и помещений средством «Дезолайн-Ф»
16.12.2019				3, Осодоев К.Г.			Дезинфекция «Дезолайн-Ф» помещений
21.12.2019	Гибель	КРС, молодняк, телка, 1 год, №013369	1/2	4. Нагуслаева В.Д.	Да	Эмкар от 30.12.2019	Сжигание трупа. Дезинфекция места локации трупа хлорной известью и помещений средством «Дезолайн-Ф»

25.12.2019	Карантин и дезинфекция			Село Шара-Тогот			Дезинфекция «Дезолайн-Ф»
27-28.12.2019	Вакцинация	КРС, все	210	Село Шара-Тогот	«Клостбовак-8», в дозе 3 мл.		
27.12.2019	Гибель	КРС, молодняк, бычок, 1,5 года	1/5	5. Хабеев И.В.	Да, дважды	нет	Сжигание трупа. Дезинфекция «Дезолайн-Ф» места локации трупа и помещений
30.12.2019	Гибель	КРС, молодняк, бычок, 7 мес., №013396	1/8	6. Тапхаева-Жмаинова А.М.	Да, дважды	Эмкар от 21.01.2020	Сжигание трупа. Дезинфекция места локации трупа хлорной известью и помещений средством «Дезолайн-Ф»
12.01.2020	Гибель	КРС, молодняк	1/8	7. Тапхаева-Жмаинова А.М.	Да, дважды	нет	Сжигание трупа. Дезинфекция места локации трупа хлорной известью и помещений средством «Дезолайн-Ф»
21.01.2020	Ревакцинация	КРС, все	208	Село Шара-Тогот	«Клостбовак-8», в дозе 3 мл.		
25.01.2020	Гибель	КРС, молодняк, бычок, 1 год, №013362	1/8	8. Мануева Л.А.	Да, трижды	нет	Сжигание трупа. Дезинфекция места локации трупа хлорной известью и помещений средством «Дезолайн-Ф»
20.01.2020	Гибель	КРС, молодняк, телка, 7 мес.	1/4	9. Халбанов А.К.	Да, трижды	нет	Сжигание трупа. Дезинфекция места локации трупа хлорной известью и помещений средством «Дезолайн-Ф»
06.02.2020	Дезинфекция помещений, где выявлены случаи			№№ 1-9			Дезинфекция «Дезолайн-Ф» помещений
25.02.2020	Заболевание	КРС, молодняк, телка, 11 мес. №013374	1/2	10. Барюнаев А.С.	Да, трижды	Эмкар	Гибель 28.02. Сжигание трупа, дезинфекция помещений.
26.02.2020	Отбор биоматериала	КРС, сыворотка крови на биохимию и морфологию	26	Село Шара-Тогот	Да, трижды		



Рисунок 2 – План-схема регистрации эпизоотических очагов в неблагополучном пункте – с Шара-Тогот, 05.03.2020 года.

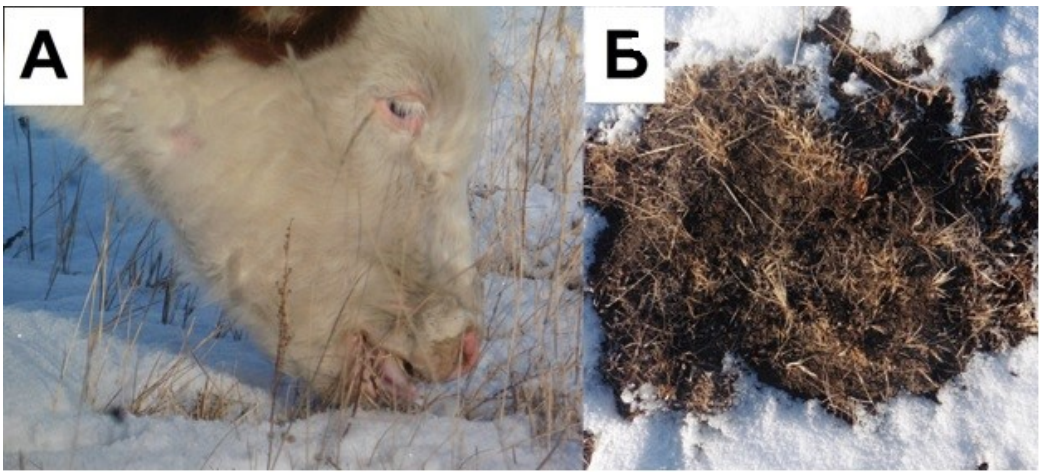


Рисунок 3 – А – поедание крупным рогатым скотом зимней растительности; Б – место после поедания: видна поврежденная почва.

Эпизоотологическая характеристика местности, условия содержания и кормления животных неблагополучного пункта. Крупный рогатый скот в селе Шара-Тогот содержится в частных хозяйствах в дощатых сараях. Доение ручное. Кормление осуществляется сеном и подножным кормом. Сено заготавливают в минимальных количествах, которых для зимовки явно недостаточно. Поэтому зимой животных выпасают на пастбищах, расположенных преимущественно в пойме реки Кучульги. Коровы разгребают снег и поедают сухую траву и корни растений вместе с почвой (рис. 3). При этом пастбищная территория загрязняется фекалиями животных (рис. 4А). Кроме того, на территорию пастбищ и сенокосов вывозится навоз с личных подворий, не прошедший биотермическую дезинфекцию

(рисунок 4Б). Описанные состояния способствуют трансформации энзоотического очага в эндемический очаг эмфизематозного карбункула, где болезнь может проявляться непрерывно в течение длительного времени.

Клинические признаки и патолого-анатомические изменения инфекционной болезни. За период с 19 ноября 2019 года по 28 февраля 2020 года заболело и пало 10 голов крупного рогатого скота. В основном заболевал упитанный скот и молодняк. У больных животных наблюдались следующие клинические признаки: угнетение, отказ от корма, хромота, температура тела находилась в пределах референтных значений 37,0-38,5°С. На поверхности тела отмечалось образование обширных отеков, локализующихся на грудных и тазовых конечностях (рис. 5), бедрах, крупе и спине. При пальпации выявляется крепитация и болезненность. В отдельных случаях отмечалось покраснение слизистой оболочки конъюнктивы.

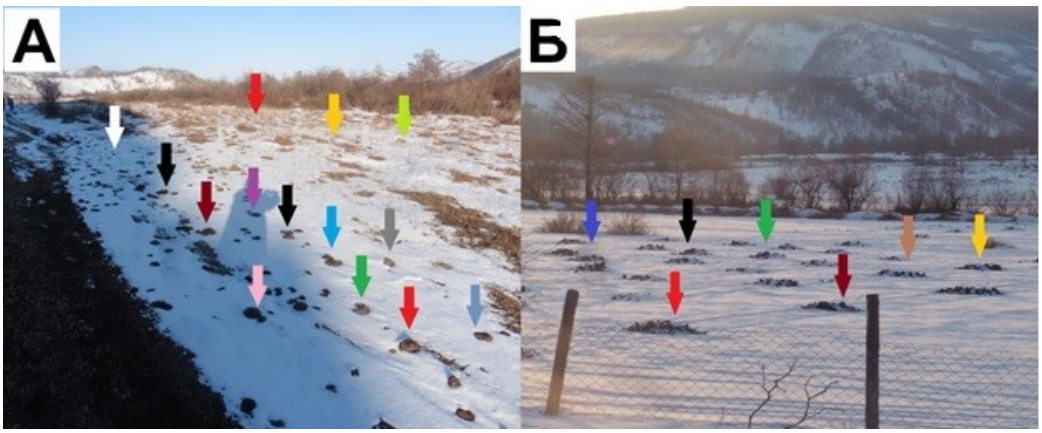


Рисунок 4 – Загрязнение пастбищ фекалиями (А); необеззараженным навозом (Б).



Рисунок 5 – Клинические признаки эмфизематозного карбункула у телки: отек мышц и подкожной клетчатки в области грудной конечности.

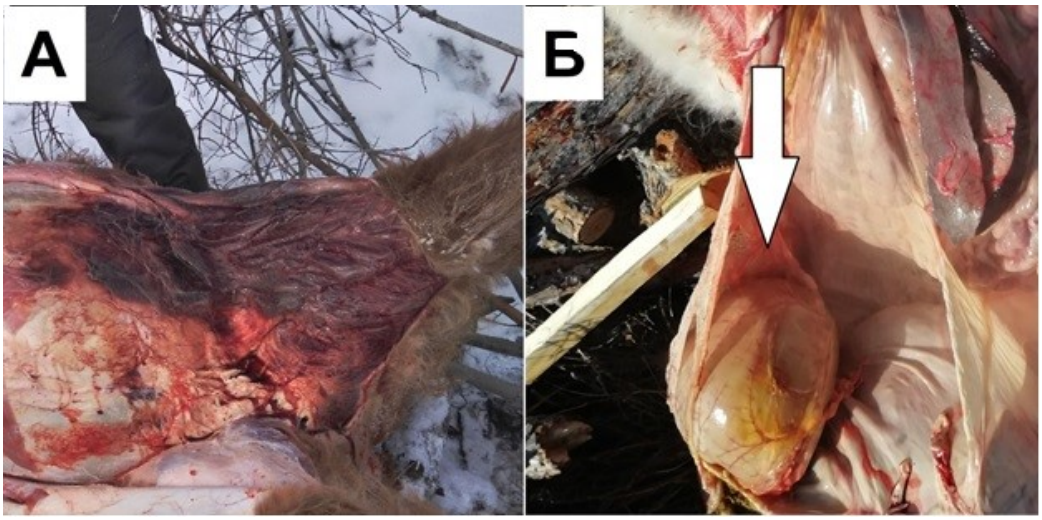


Рисунок 6 – Патологоанатомические изменения при описанном случае эмфизематозного карбункула: А – серозно-геморрагическая инфильтрация мышечной ткани и прилежащей рыхлой подкожной клетчатки; Б – увеличенный желчный пузырь.

Патологоанатомические вскрытия трупов животных проводились на месте кремации, непосредственно перед кремацией. Трупы погибших животных были вздуты, из естественных отверстий вытекала пенистая кровавая жидкость. При патологоанатомическом вскрытии непосредственно в зоне отека отмечались следующие характерные изменения: геморрагически-некротический миозит с газообразованием и серозно-геморрагической инфильтрацией мышечной ткани и прилежащей рыхлой подкожной клетчатки (рис. 6А). У всех погибших животных наблюдалось резкое увеличение (до 15-20 см в диаметре) и переполнение желчного пузыря (рис. 6Б), сопровождавшийся увеличением печени и изменением ее цвета (светло-желтый). Брыжеечные и мезентериальные лимфатические узлы были увеличены в размере, на разрезе сочные, с точечными кровоизлияниями. В ряде случаев отмечали признаки септической селезенки: увеличение органа, пастообразная пульпа, соскоб обильный. У некоторых животных отмечалась гиперемия слизистой оболочки рубца.

Результаты лабораторных исследований. Лабораторные исследования биологического материала (печень, мышцы, почки) павших животных были проведены в 6 случаях. Во всех случаях был идентифицирован возбудитель эмфизематозного карбункула *Clostridium chauvoei*. Во всех случаях введение выделенной культуры морским свинкам приводило к их гибели через несколько часов в день постановки биологической пробы. Помимо исследования биологического материала от павших животных, для выявления возбудителя заболевания в хозяйственных объектах были исследованы пробы воды и кормов, а для оценки метаболического статуса животных из неблагополучной популяции – пробы сыворотки крови.

При лабораторных исследованиях проб воды, используемой для водопоя животных (n=8), сульфитредуцирующие клостридии не выявлены. При лабораторных исследованиях образцов сена, используемого для кормления животных (n=27), в трех образцах были обнаружены клостридии, не продуцирующие токсины, которые в силу этого свойства не могут быть отнесены к возбудителю эмфизематозного карбункула. При биохимическом исследовании образцов сыворотки крови (n=26) у 77,0% животных выявлена

гипопротеинемия, которая характеризовалась снижением количества общего белка на 19,4% (в среднем до значения 5,8 г/л) относительно нижней границы референтных значений (7,2 г/л). Гипокальциемия выявлена у 19,2% крупного рогатого скота, в результате чего выражено снижение общего кальция на 4,5% (до среднего значения 9,55 г/л) по сравнению с нижней границей референтных значений (10,0 г/л). л). У 88,5% животных отмечено снижение уровня гемоглобина на 20,4% (до среднего значения 78,8 г/л) по сравнению с нижней границей референтных значений (99,0 г/л). Кроме того, у 73,0% животных обнаружено снижение гематокрита, у 19,2% эритроцитов и у 2 животных - лимфоцитов. Выявленные нарушения свидетельствуют о низком метаболизме животных и косвенно свидетельствуют о снижении иммунологической реактивности организма. В этом случае профилактическая эффективность вакцинации против эмфизематозного карбункула может оказаться недостаточной для формирования активного индивидуального и высокого популяционного иммунитетов. Это способствует заражению животных и развитию острой формы эмфизематозного карбункула.

Описание мероприятий по ликвидации эмкара в эпизоотических очагах и неблагополучном пункте. В эпизоотических очагах и местах обнаружения трупов животных проведены общие ветеринарно -санитарные мероприятия:

- механическая очистка загонов для животных от навоза и подстилки;
- дезинфекция мест обнаружения трупов порошкообразной хлорной известью;
- дезинфекция животноводческих помещений ЛПХ 2%-м раствором средства «Дезолайн-Ф» при температуре раствора +32°С;
- разделение клинически больных и здоровых животных;
- лечение клинически больных и здоровых животных с применением цефтриаксона в дозе 15 г;
- уничтожение трупов методом кремации в специально отведенном месте (в 1000 м к западу от населенного пункта);
- дезинфекция транспортных средств для перевозки трупов 2%-м раствором средства «Дезолайн-Ф» при температуре раствора +32°С;
- работникам ЛПХ выданы средства для дезинфекции рук «Эдель» и «Аживика».

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Условием инфицирования эмкаром являются инфицированные пастбища, где скот выпасается в зимний период. Клиническая и патологоанатомическая картина у разных животных различна, но имеет общие черты, что выражается в наличии таких общих для всех признаков как серозно-геморрагические отеки в мышцах и подкожной клетчатке, субфибрильная температура тела, увеличенный желчный пузырь. Из биологического материала высеваются термостабильные микроорганизмы, дающие на среде Китт-Тароцци интенсивное газообразование, что указывает на наличие в патологическом материале анаэробных бактерий. В мазках культур, выделенных из биологического материала от погибших животных, выявляются грамположительные палочки со спорами, расположенными субтерминально. Развитие болезни у вакцинированных животных может свидетельствовать как о неэффективности вакцины (это подтверждается информацией из других регионов), так и о появлении мутантных вариантов *Clostridium chauvoei*. Для выяснения данного аспекта требуются дополнительные исследования. Описанные эпизоотологические особенности проявления болезни, клинические признаки, патологоанатомические изменения и результаты первичных лабораторных исследований позволяют поставить диагноз эмфизематозный карбункул. Проводимые государственной ветеринарной службой Иркутской области мероприятия в должной мере обеспечивают локализацию эпизоотических очагов и недопущение распространения болезни за пределы неблагополучного пункта в соответствие с действующими ветеринарными правилами. Соб-

ственникам животных рекомендованы мероприятия по улучшению содержания животных: прекращение зимнего выпаса, кормление сеном и в условиях подворий, запрет вывоза необеззараженного навоза на территории общего пользования и выпаса скота.

EPIZOOTOLOGICAL INVESTIGATION OF AN OUTBREAK OF EMPHYSEMATOUS CARBUNCLE IN CATTLE (CASE STUDY IN THE IRKUTSK REGION)

Meltsov I.V.[1] – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor (ORCID 0000 -0001-8566-7004); **Blokhin A.A.**[2] – Candidate of Veterinary Sciences, Head. laboratory of Epizootology and Bioinformatics (ORCID 0000-0001-5161-1184); **Sukhinin A.A.**[3] – Doctor of Biology, Professor, Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology (ORCID 0000-0002-1245-3440); **Batomunkuyev A.S.** [1] – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor (ORCID 0000-0002-2263-6355); **Kutuzova L.A.** [1] – student.

[1] Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky;

[2] Nizhny Novgorod Scientific Research Veterinary Institute - branch of the Federal State Budgetary Budgetary Institution "Federal Research Center of Virology and Microbiology";

[3] St. Petersburg State University of Veterinary Medicine.

*sukhininalexandr@mail.ru

ABSTRACT

Currently, one of the significant problems in animal husbandry, including dairy cattle breeding, remains the registration of acute diseases caused by clostridia. This work uses the results of an epizootological survey of an epizootic focus of an infectious disease of cattle and small ruminants in the Alarsky district of the Irkutsk region. Statistical processing of the results was carried out using a standard package of applied programs Microsoft Excel and methods of epizootological analysis. Thermostable microorganisms are sown from biological material, giving intense gas formation on the Kitt-Tarozzi medium, which indicates the presence of anaerobic bacteria in the pathological material. In smears of cultures isolated from biological material from dead animals, gram-positive rods with spores located subterminally are detected. The development of the disease in vaccinated animals may indicate both the ineffectiveness of the vaccine (this is confirmed by information from other regions) and the appearance of mutant variants of Clostridium chauvoei. The described epizootological features of the disease manifestation, clinical signs, pathological changes and results of primary laboratory tests allow us to diagnose emphysematous carbuncle. The measures taken by the Veterinary Service of the Irkutsk Region adequately ensure the localization of epizootic foci and the prevention of the spread of the disease beyond the affected area in accordance with the current veterinary regulations. Animal owners are recommended to take measures to improve the maintenance of animals: stopping winter grazing, feeding hay and in farmsteads, prohibiting the removal of unsterilized manure to public areas and grazing. However, these recommendations are not fully implemented due to the prevailing ethnic and cultural aspects of livestock farming.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Трофимов, И.Г. Клостридиозы крупного рогатого скота в Омской области / И. Г. Трофимов, В. И. Околелов, М. В. Заболотных // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3(51). – С. 168-176.

2.Ветеринарные правила осуществления профилактических, диагностических, лечебных, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов эмфизематозного карбункула (эмкара): Приказ Министерства Сельского хозяйства Российской федерации от 14 мая 2020 года № 258. URL: https://docs.cntd.ru/document/565068766?marker=6540IN

3.Терехов, В.И. Анаэробные инфекции животных: учебное пособие для вузов / В. И. Терехов, А. С. Тищенко. - 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 220 с.
4.Прокопьюк, П.А. Эмфизематозный карбункул. Особенности проявления / П. А. Прокопьюк, А. А. Самсонова, В. И. Плешакова // Ветеринарная медицина: связь поколений как фактор устойчивого развития России: Материалы Международной конференции, Омск, 08 ноября 2023 года. – Омск: 2023. – С. 210-213.
5.Батомункуев, А.С. Клостридиозы сельскохозяйственных животных на территории Иркутской области / А. С. Батомункуев, А. М. Аблов // Проблемы видовой и возрастной морфологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию профессора Васильева К.А., Улан-Удэ, 28 июня – 01 2018 года. – Улан-Удэ: 2019. – С. 178-186.
6.Аблов, А.М. Бактериозы мелкого рогатого скота в Иркутской области / А. М. Аблов, А. С. Батомункуев, Е. В. Анганова [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4(24). – С. 113-118.
7.Ветеринарные правила проведения регионализации территории Российской Федерации: Приказ Министерства Сельского хозяйства Российской федерации от 14 декабря 2015 года № 635.
8.Аблов, А.М. Применение статистических методов при анализе эпизоотической ситуации по инфекционным болезням животных и птиц: Методические рекомендации / А. М. Аблов, А. С. Батомункуев, Е. В. Анганова, И. В. Мельцов. – Иркутск: Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 26 с.

REFERENCES

1. Trofimov, I.G. Clostridiosis of cattle in the Omsk region / I. G. Trofimov, V. I. Okolelov, M. V. Zabolotnykh // Bulletin of Omsk State Agrarian University. - 2023. - No. 3 (51). - P. 168-176.
2. Veterinary rules for the implementation of preventive, diagnostic, therapeutic, restrictive and other measures, the establishment and cancellation of quarantine and other restrictions aimed at preventing the spread and eliminating foci of emphysematous carbuncle (emcar): Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated May 14, 2020 No. 258.
3. Terekhov, V.I. Anaerobic infections of animals: a textbook for universities / V. I. Terekhov, A. S. Tishchenko. - 2nd ed., Stereotype. - St. Petersburg: Lan, 2022. - 220 p.
4. Prokopyuk, P.A. Emphysematous carbuncle. Features of manifestation / P. A. Prokopyuk, A. A. Samsonova, V. I. Pleshakova // Veterinary medicine: the connection of generations as a factor in the sustainable development of Russia: Proceedings of the International Conference, Omsk, November 08, 2023. - Omsk: 2023. - P. 210-213.
5. Batomunkuev, A.S. Clostridiosis of farm animals in the Irkutsk region / A. S. Batomunkuev, A. M. Ablov // Problems of species and age morphology: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of Professor Kirill Antonovich Vasiliev, Ulan-Ude, June 28 – January 2018. - Ulan-Ude: 2019. - P. 178-186.
6. Ablov, A.M. Bacterioses of small cattle in the Irkutsk region / A. M. Ablov, A. S. Batomunkuev, E. V. Anganova [et al.] // Bulletin of Omsk State Agrarian University. - 2016. - No. 4 (24). – P. 113-118.
7. Veterinary rules for regionalization of the territory of the Russian Federation: Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated December 14, 2015 No. 635.
8. Ablov, A.M. Application of statistical methods in the analysis of the epizootic situation for infectious diseases of animals and birds: Methodological recommendations / A. M. Ablov, A. S. Batomunkuev, E. V. Anganova, I. V. Meltsov. – Irkutsk: Irkutsk State Agricultural Academy, 2014. – 26 p.

УДК: 619:618.3:616-092:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.95

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛОСТРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА У НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ КОРОВ С ЭКСТРАГЕНИТАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

Жуков М.С. – канд. ветеринар. наук (ORCID 0000-0002-9317-7344); **Паршин П.А.** – д-р ветеринар. наук (ORCID 0000-0002-8790-0540); **Востроилова Г.А.** – д-р биол. наук (ORCID 0000-0002-2960-038X); **Шапошников И.Т. –** д-р биол. наук (ORCID 0000-0003-0190-9083); **Бригадиров Ю.Н.** – д-р ветеринар. наук (ORCID 0000-0003-3804-1732); **Алехин Ю.Н.** – д-р ветеринар. наук (ORCID 0000-0003-0666-7722).

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии».

*maxim.zhukoff2015@yandex.ru

Ключевые слова: *коровы, телята, беременность, гепатодистрофия, анемия, молозиво, колостральный иммунитет.*

Keywords: *cows, calves, gestation, hepatodystrophy, anemia, colostrum, colostral immunity.*

Поступила: 25.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Целью наших исследований было изучение особенностей формирования колострального иммунитета у новорожденных, полученных от коров с разным клиническим состоянием во время беременности. Объектом исследования были коровы красно-пестрой породы (n=28) третьего триместра беременности и полученные от них новорожденные телята. Группа I – клинически здоровые (контроль, n=8), группа II – животные с гепатодистрофией (n=6), группа III – животные с сочетанным течением гепатодистрофии и анемии (n=14). Установлено, что у коров с патологией печени и/или анемией в молозиве первого удоя содержится меньше белка и иммуноглобулинов на 24,1-25,4% и 11,9-14,2% ($P < 0,05$) соответственно. Однако отмечено, что у телят, полученных от коров из группы II, содержание общих иммуноглобулинов в сыворотке крови после выпойки молозива не отличалось от значений контрольной группы, в то время как у телят, полученных от коров группа III, аналогичный показатель был ниже на 43,0% ($P < 0,05$). Для уточнения причин данного явления был проведён корреляционный анализ Спирмена, который показал, что уровень общих иммуноглобулинов в молозиве не имел достоверно значимого влияния на их количество в сыворотке крови телят после выпойки ($R_s = 0,40$, $P > 0,05$). При этом наличие анемии у телят имело решающее значение ($R_s = 0,77$, $P < 0,05$). Таким образом, формирование колострального иммунитета у телят зависит не только от качества молозива, но и от клинического статуса новорожденного и, в частности, наличия у него гипоксического и ацедотического состояния.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Состояние здоровья молодняка является одним из основных факторов, лимитирующих эффективность животноводства, целевых государственных и частных инвестиций. Так как, высокая сохранность, полноценные рост и развитие молодняка – это обязательные условия проявления генетического потенциала продуктивности. При этом ключевое значение имеет степень морфофункционального развития новорожденного и формирования колострального иммунитета. Одной из особенностей иммунной системы новорожденных телят является достаточно активное клеточное, но слабое гуморальное звено, в частности в их крови отсутствуют иммуноглобулины. Для них основным естественным источником антител и клеточных факторов иммунитета, в том числе Т- и В-лимфоцитов является молозиво [11, 24]. Для повышения эффективности формирования колострального иммунитета у молодняка широко используется вакцинация глубокостельных коров против актуальных инфекций, что сопровождается увеличением титра специфических антител вначале в их крови, а затем в молозиве, что повышает её иммунологические свойства. [9, 18, 25]. Однако, эффективность данного способа формирования иммунитета у новорожденных имеет существенные индивидуальные различия, что частично объясняется особенностями поствакцинального ответа у коров [11, 25], что очевидно зависит от исходного состояния их здоровья. Данное предположение имеет принципиальное значение, так как на фоне доминирования при проведении селекционной работы цели увеличения молочной продуктивности, часто повышается чувствительность маточного поголовья к негативным факторам технологии. При этом возрастает риск нарушений обмена веществ и развития системных заболеваний, оказывающих негативное влияние на течение беременности [4, 13]. В результате увеличивается число случаев коморбидной акушерско-экстрагенитальной патологии у матерей с развитием в начале перинатальной, а затем неонатальной патологии [15, 22]. Поэтому изучению данной проблемы посвящено большое количество исследований, в частности влияния экстрагенитальных болезней у матерей на качество молозива и здоровье новорожденных [15, 36]. Роль причинно-следственной связи в биологической системе мать – плацента – плод – молозиво – новорожденный известна давно и детально изучалась. Тем не менее, на современных молочных комплексах 54-67% телят до 10-дневного возраста переболевают болезнями желудочно-кишечного тракта [9], что снижает эффективность получения и выращивания ремонтного молодняка, без которого не возможно дальнейшее развитие скотоводства. Поэтому в современных реалиях при увеличении лабильности обменно-иммунного профиля коров на фоне селекционно-модулируемого усиления генетической доминанты продуктивности, повышения абиотического прессинга технологии и окружающей среды, очевидна необходимость углубленного изучения отмеченного патогенетического алгоритма. Целью исследований было получение новых знаний о влиянии наличия анемии и патологии печени у коров на формирование колострального иммунитета у полученных от них новорожденных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проведены в условиях молочного комплекса, расположенного на территории Воронежской области. Объектом исследования были коровы красно-пестрой породы (n=28) 2-3 лактации, находящиеся в третьем триместре беременности, и полученные от них новорожденные телята. За 60 дней до планируемой даты отёла коров подвергали клиническому обследованию, прекращали доить и вводили вакцину «ХИПРАБОВИС 4» (Laboratorios Hipra, S.A., Испания), а через 28-30 дней проводили ревакцинацию. В состав вакцины входят инактивированные вирусы инфекционного ринотрахеита (ИРТ), парагриппа-3 (ПГ-3) вирусной диареи (ВД) и аттенуированный вирус респираторно-синцитиальной ин-

фекции (РСИ). В период сухостоя коровы содержались в отдельном блоке без привязи и получали сбалансированный рацион, соответствующий по питательности их физиологическому состоянию. Через 21 день после ревакцинации коровы подвергались комплексному обследованию с отбором из каудальной хвостовой вены проб крови для проведения гематологических, биохимических и серологических исследований. На основании обследования животных были сформированы 3 группы: I – клинически здоровые (контроль, n=8), II – животные с лёгким течением гепатодистрофии (n=6), а больные с сочетанием этой патологии и анемии вошли в группу III (n=14). Дифференциацию состояния здоровья и констатацию наличия патологии проводили на основании результатов физикальных и лабораторных методов исследования. В частности, основанием для диагноза гепатоз (токсическая дистрофия печени) были гепатомегалия и гиперферментемии (АсАТ ≥ 60 Е/л, ГГТ ≥15,0 Е/л и ЩФ ≥ 200 Е/л). Анемию констатировали при уменьшении уровня гематокрита (< 25,0), гемоглобина (< 90,0 г/л) и его среднего содержания в эритроците. (< 16,0 пг).

В результате физиологического отёла у всех коров родились телята, которых после облизывания матерью помещали в бокс (2 часа, 38,5-40 ^{o}C) для искусственного их высушивания и определения массы тела. В дальнейшем новорожденные содержались в индивидуальных домиках, установленных на открытой площадке с твердым покрытием и защищенных от ветра с трех сторон.

Через 25-30 минут после отёла коров доили, из полученного молозива отбирали образцы для анализа, а затем его в объёме 2 л вводили в сычуг новорожденных с помощью зонда (Kerbl East, Германия). При этом мы добивались близкого по времени получения молозива от коров, единовременного (30-35 мин) введения аналогичного количества молозива новорожденным. Повторное кормление проводили через 6 часов, а затем 5 дней молозиво – молоко выпаивали по 2 л 3 раза в день из сосковой поилки. В возрасте 3 суток новорожденных подвергали комплексному обследованию, в рамках которого из ярёмной вены отбирали образцы крови.

У коров и телят взятие крови осуществляли с использованием вакуумной системы в пробирки, содержащие активатор свертывания крови SiO2 для получения сыворотки и ЭДТА для сохранения её нативного вида (цельная кровь). В условиях стационарной лаборатории на автоматическом гематологическом анализаторе ABX Micros 60 CT/OT (Франция) в крови определяли количество эритроцитов, гемоглобина, гематокрита, среднего объёма эритроцитов (MCV), среднего содержания (MCH) и концентрации (MCHC) гемоглобина в эритроцитах, а также ширину их вариабельности по размерам (RDW). На биохимическом анализаторе Hitachi-902 (Япония) определяли активность аланинаминотрансферазы (АлАТ), аспартатаминотрансферазы (АсАТ), гамма-глутаминтрансферазы (ГГТ), щелочной фосфатазы (ЩФ) и концентрацию общего билирубина. Определение титра антител к вирусу парагрппа-3 (ПГ-3), инфекционного ринотрахеита (ИРТ), вирусной диареи (ВД) и респираторно-синцитиальной инфекции (РСИ) крупного рогатого скота проводили с помощью коммерческих диагностических наборов в реакции непрямой гемагглютинации и реакции торможения гемагглютинации (ООО «Агровет», РФ).

Определение общих иммуноглобулинов в сыворотке крови и молозиве осуществляли по реакции с сульфатом натрия, которую оценивали по уровню оптической плотности на спектрофотометре UV-1700 («Shimadzu», Япония) [10]. Уровень содержания белка и жира в молозиве изучали на анализаторе качества молока «Лактан 1-4М» (ООО ВПК "СибагроПРИБОР", Россия). Уровень лактозы определяли в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 34304-2017.

Полученный цифровой материал подвергали статистической обработке с ис-

пользованием пакета программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica v 10. Рассчитывали среднюю арифметическую (M) и ошибку средней (SE). Достоверность различия между выборками оценивали с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни. При проверке статистических гипотез использовали 5% уровень значимости. Для выявления особенностей влияния изучаемых показателей проводили непараметрический корреляционный анализ с определением коэффициента корреляции Спирмена (R_s).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Обследование с помощью физикальных методов показало, что у всех коров из II группы наблюдалось ослабление аппетита, а у 83,3% животных выявлялось увеличение зоны притупления при перкуссии проекции печени. В крови у данных коров было выявлено увеличение уровня RDW на 10,3%, активности ГГТ и АсАТ на 31,0 и 35,9% в сравнении с группой I. Коэффициент Де Ритиса при этом был равен 2,9 против 2,0 в группе I. У животных из группы III гепатомегалия имела место у 14 гол. Помимо этого у них отмечалось ослабление аппетита и легкое угнетение. В крови выявлялось низкое значение уровня гемоглобина (на 24,6%), MCV (на 12,7%), MCH (на 29,0%) и MCHC (на 18,5%). При этом были повышены АсАТ (на 38,3%), ГГТ (на 64,6%), билирубин (на 51,5%) и RDW (на 11,8%) (табл. 1). Коэффициент Де Ритиса составлял 3,1. Уровень общих иммуноглобулинов в группах II и III был ниже, чем у здоровых животных на 17,0 и 13,0% соответственно.

Таблица 1 – Гематобиохимические показатели коров с разным клиническим состоянием

Показатель	Группа I (n=8)	Группа II (n=6)	Группа III (n=14)
Эритроциты, 10^{12}/л	5,8±0,19	5,5±0,24	6,0±0,15
Гемоглобин, г/л	116,3±2,68	109,7±7,14	87,7±1,42*
Гематокрит, %	32,3±2,68	31,1±1,57	30,3±1,25
MCV, мкм^3	55,9±1,13	57,7±1,28	48,8±1,41*
MCH, пкг	20,0±1,13	19,8±0,97	14,2±0,32*
MCHC, г/л	358,9±2,56	350,8±7,55	292,6±9,17*
RDW, %	34,0±1,04	37,5±0,94*	38,0±0,64*
Общ. Ig, мг/мл	44,6±2,96	37,0±1,52*	38,8±1,73*
АлАТ, Е/л	25,4±0,86	24,1±2,10	22,8±1,81
АсАТ, Е/л	51,2±1,47	69,6±2,65*	70,8±3,22*
ГГТ, Е/л	11,6±0,58	15,2±0,93*	19,1±0,47*
ЩФ, Е/л	80,9±6,31	75,8±5,46	92,1±9,19
Билирубин, мкМ/л	3,3±0,20	3,5±0,20	5,0±0,39*

*Примечание: * - P < 0,05 по сравнению с группой I.*

Результаты серологических исследований крови коров через 21 день после повторного введения вакцины представлены в таблице 2, из данных которой видно, что титры специфических антител имеют высокую индивидуальную вариабельность. Поэтому, несмотря на наличие визуального межгруппового различия, оно часто являются не достоверным. При этом отмечается, что у коров и группы II в сравнении с контролем наблюдается тенденция к повышению титра антител к вирусу ИРТ, ПГ-3, РСИ, и понижение к вирусу ВД. В тоже время у коров из группы III выявлено некоторое уменьшение антител к вирусам ВД и ПГ-3, но увеличение к возбудителям ИРТ и РСИ. В результате, несмотря на преимущественно не достоверные различия у животных из разных групп сформировался разный серологический профиль, что уже может оказать влияние на формирование коло-

стрального иммунитета у новорожденных.

При изучении процессов передачи специфических антител от матерей к новорожденным было установлено, что в группе I отсутствовали достоверные различия между их уровнем у коров и телят. Однако, отмечались различия в направленности тенденции их соотношения. Так, если титр колостральных антител к вирусам ПГ-3, ИРТ и РСИ имел склонность к увеличению у новорожденных, то к возбудителю ВД – к уменьшению.

Градиент антител между коровами из группы II и полученных от них новорожденных был слабо выражен. При этом наблюдалось достоверное различие в паре мать – новорожденный в группе III, где титр к вирусу ПГ-3 у телят оказался ниже, чем у коров на 42,9%, а к ИРТ, ВД и РСИ соответственно на 61,4; 72,7 и 33,5%.

Таблица 2 – Состояние специфического иммунитета у новорожденных телят, полученных от коров с разным клиническим состоянием

Показатель	Животные	Группа I (n=8)	Группа II (n=6)	Группа III (n=14)
Титр антител к ПГ-3	Коровы	1:1856,0±457,1	1:2048,0±313,5	1:1493,3±329,3
	Телята	1:2304,0±256,0	1:2304,0±256,0	1:853,3±156,7$^{♦,◊}$
Титр антител к ИРТ	Коровы	1:80,0±44,7	1:108,8±19,2	1:152,0±37,4
	Телята	1:127,6±3,2	1:153,6±25,6	1:58,6±11,3$^{♦,◊}$
Титр антител к ВД	Коровы	1:185,6±45,7	1:160,0±42,9	1:146,7±49,3
	Телята	1:102,4±15,7	1:140,8±31,4	1:40,0±8,0$^{♦,◊}$
Титр антител к РСИ	Коровы	1:12,8±3,2	1:22,4±6,4	1:20,0±8,0
	Телята	1:16,0±0,01	1:12,8±3,2	1:13,3±2,7$^{◊}$

Примечание: ♦ - P< 0,05 по сравнению с группой I; ◊ - P< 0,05 по сравнению с титром антител у коров-матерей.

В результате у новорожденных в сопоставимых группах сформировался разный серологический профиль. При этом в сравнении с контролем в группе II имел место достоверно не отличающийся уровень антител, в то время как у телят из группы III титр колостральных антител к вирусу ПГ-3, ИРТ, ВД и РСИ был ниже на 63,0; 54,1; 60,9 и 16,9% соответственно.

Полученные данные свидетельствуют, что у новорожденных телят, рождённых от коров-матерей с патологией печени и анемией, отмечается ухудшение передачи колостральных антител к вирусным антигенам, что создаёт высокий риск возникновения ранней неонатальной инфекции и коморбидной патологии.

Одним из основных факторов, регламентирующих формирование колострального иммунитету у телят, является молозиво [20]. Поэтому очевидна её связующая роль между уровнем защиты у новорожденных и исходным титром антител у сухостойных коров, который, как мы выявили, зависит от наличия и характера экстрагенитальной патологии. При этом очевидна необходимость изучения влияния этих патологий на состав молозива.

При исследовании качества молозива первого удоя от коров с патологией печени было отмечено более низкое, чем у здоровых, количество белка, жира и лактозы на 24,1; 7,3 и 16,4% соответственно (табл. 3). Помимо этого, у данных животных в молозиве было меньше количество иммуноглобулинов на 11,9%. При этом разница данного показателя у коров с сочетанием патологии печени и анемии была более выражена. Уровень иммуноглобулинов был ниже на 14,2%. Показатели белка, жира и лактоза также были ниже на 25,4; 10,1 и 17,8% соответственно в сравнении со здоровыми животными.

Ранговым корреляционным анализом Спирмена было установлено, что на питательность и уровень иммуноглобулинов в молозиве наибольшее влияние оказывает количество гемоглобина. Так, была выявлена достоверная прямая корреляционная

связь заметной силы (R_s = 0,5-0,66, P < 0,05) влияния данного показателя на уровень значений общих иммуноглобулинов, белка и лактозы в молозиве первого удоя. Также было установлено, что активность АсАТ имела обратную корреляционную зависимость с уровнем белка в молозиве, однако сила влияния данного показателя была ниже указанного на 31,8% (R_s = -0,45, P < 0,05). Активность ГГТ в свою очередь имела достоверную обратную корреляционную связь (R_s = -0,44, P < 0,05) с уровнем жира и лактозы в молозиве.

Таблица 3 – Состав молозива коров-матерей с разным клиническим состоянием

Показатель	Группа I (n=8)	Группа II (n=6)	Группа III (n=14)
Общ. Ig, мг/мл	60,5±1,20	53,3 ±0,88*	51,9±0,65*
Общий белок, г/л	185,3±3,15	140,6±1,02*	138,3±1,09*
Жир, г/л	66,2±0,86	61,4±1,16*	59,5±0,93*
Лактоза, г/л	27,5±0,56	23,0±0,50*	22,6±0,56*

*Примечание: * - P < 0,05 по сравнению с группой I.*

Таблица 4 – Гематологические показатели новорожденных телят, полученных от коров с разным клиническим состоянием

Показатель	Группа I (n=8)	Группа II (n=6)	Группа III (n=14)
Эритроциты, 10^{12}/л	8,0±0,40	7,7±0,27	6,2±0,27*
Гемоглобин, г/л	111,0±3,81	109,8±2,55	75,8±3,69*
Гематокрит, %	32,8±1,34	33,0±1,06	24,5±1,13*
MCV, мкм^3	41,2±0,86	42,8±0,75	39,3±0,59
MCH, пкг	14,0±0,48	14,3±0,55	12,2±0,34
MCHC, г/л	339,0±7,68	333,2±10,22	309,4±6,03*
RDW, %	39,2±1,48	37,5±0,96	40,9±0,98
Общ. Ig, мг/л	29,3±0,68	28,7±1,91	16,7±1,50*
АлАТ, Е/л	9,5±0,99	17,5±2,69*	11,0±1,37
АсАТ, Е/л	27,4±1,01	54,8±5,03*	48,6±4,02*
ГГТ, Е/л	155,8±12,0	446,1±76,4*	325,9±65,0
ЩФ, Е/л	348,8±12,22	575,6±34,12*	467,3±58,0*
Билирубин, мкМ/л	7,0±0,37	13,0±1,79*	11,0±0,91*

*Примечание: * - P < 0,05 по сравнению с группой I.*

Для уточнения механизма снижения качества молозива у коров с патологией печени и её сочетанием с анемией был проведен внутригрупповой корреляционный анализ. В результате было установлено, что у животных с патологией печени сила влияния активности АсАТ и ГГТ на качественные показатели молозива значительно возрастало. Так, коэффициент корреляции между АсАТ, общим белком и общими иммуноглобулинами молозива был равен -0,65 и -0,84, а между ГГТ, жиром и лактозой -0,66 и 0,63 соответственно. У коров при сочетании гепатодистрофии с анемией в свою очередь возросло влияние уровня гемоглобина на количество белка и общих иммуноглобулинов в молозиве (R_s = 0,73, P < 0,05). Вместе с этим, также появилась достоверная положительная корреляционная связь между количеством гемоглобина и лактозы молозива (R_s = 0,73, P < 0,05). Полученные результаты корреляционных связей показывают, что анемия оказывает высокой силы влияние на качество молозива в соответствии со шкалой Чеддока.

Обследование новорожденных телят в возрасте 3 суток не выявило явных клинически значимых физиологических различий. Масса тела животных в группе I

составила 33,2±0,58 кг, II – 33,0±1,10 кг и III – 31,7±0,63 кг, что свидетельствует о том, что рожденные телята имели однородное развитие.

Гематологические исследования крови телят, полученных от клинически здоровых коров, показали, что у них определяемые показатели находились в пределах референсного диапазона [23]. В сравнении с ними у новорожденных телят, полученных от коров с гепатодистрофией, гематологические показатели не имели достоверных отличий, но уровень ГГТ был повышен в 2,9 раза, а АлАТ, АсАТ, ЩФ и билирубин, соответственно на 84,2; 100; 65 и 87,5%. У телят, рожденных от коров с коморбидной патологией, наблюдалась иная картина. У них были понижены показатели эритроцитов, гематокрита, гемоглобина и МСНС на 22,5; 25,3; 31,7 и 8,7% соответственно. При этом имел место, повышенный уровень билирубина (на 82,5%), ЩФ (на 57,1%), АлАТ (на 34,0%) и АсАТ (на 77,4%) (табл. 4). Помимо этого, у телят из группы III оказалось ниже, чем в контроле содержание общих иммуноглобулинов на 43,0%.

Выше полученные данные показали, что экстрагенитальные патологии (гепатоз и анемия) негативно сказываются на иммунологических свойствах молозива и, следовательно, на колостральном иммунитете новорожденных. Однако у телят, полученных от коров с гепатозом (группа II), содержание иммуноглобулинов не имело достоверного отличия с контролем, в то время как у телят, полученных от коров с анемией и гепатозом (группа III), аналогичный показатель был меньше на 43,0% (табл. 4). Поэтому очевидно, что на состояние иммунной системы новорожденных телят оказывает влияние не только молозиво, но и другие факторы, в частности их метаболический профиль. Для уточнения причин низкого уровня иммуноглобулинов у телят из группы III был проведен ранговый корреляционный анализ Спирмена между количеством иммуноглобулинов в сыворотке крови у телят и их иммунобиохимическими показателями, а также уровнем иммуноглобулинов в молозиве. Результаты данного анализа показали, что уровень общих иммуноглобулинов в молозиве не имел достоверно значимого влияния на их количество в сыворотке крови телят после выпойки (R_s = 0,40, P > 0,05). При этом наличие анемии у данных животных имело решающее значение. Были выявлены достоверные корреляционные связи заметной и высокой силы влияния эритроцитарных показателей на уровень общих иммуноглобулинов в сыворотке крови у телят. Наибольшую силу влияния оказывали показатели уровня общего гемоглобина, МСН и МСНС. Их коэффициенты корреляции были равны 0,77; 0,80 и 0,71 (P < 0,05) соответственно.

Известно, что у животных с десмохориальным типом плаценты колостральный иммунитет создается исключительно за счет антител молозива, поступающих через слизистую оболочку кишечника новорожденного. Поглощение иммуноглобулинов молозива в тонком отделе кишечника телят происходит путем пиноцитоза. При этом на пассивный транспорт колостральных иммуноглобулинов влияют, такие факторы, как сроки, объём, качество выпаиваемого молозива [34]. Низкое качество молозива является признанной причиной гипоиммуноглобулинемии у новорожденных [20]. Концентрация иммуноглобулинов в молочной железе очень сильно возрастает в течение девяти суток до родов, в результате чего в молозиве первого удоя содержится наивысшее количество иммуноглобулинов [26, 27]. При этом, по данным ряда авторов, риск снижения качества молозива возрастает у животных с метаболическими нарушениями [5, 6, 31]. Как было отмечено в проведенных нами исследованиях, наиболее выраженное влияние на состав молозива оказывают изменения в крови уровня гемоглобина, АсАТ и ГГТ, что подтверждает концепцию о роли метаболических сбоев в формировании иммунологических свойств молозива [14, 31].

Основной целью регуляции метаболизма является поддержание энергетического баланса за счёт корректировки

уровня и доступности энергетических субстратов, из числа которых ведущая роль принадлежит глюкозе. Считается, что основным источником данного моносахарида является гликоген в печени, но гликогенолиз это оперативная и кратковременная (до 2 часов) реакция организма при стрессе или активации симпатической нервной системы, а глюкоза преимущественно образуется из неуглеводных соединений [12, 30]. При этом следует отметить важную роль в глюконеогенезе аминокислот, эффективность использования которых зависит от состояния энергозависимых механизмов их переноса через клеточную мембрану [16, 33]. При патологии печени возрастает интенсивность глюконеогенеза с использованием аминокислот с соответствующим увеличением потребности в них, что формирует вторичный внутриклеточный дефицит метаболитов необходимых для синтеза функциональных белков [1], в том числе и входящих в состав молозива. Необходимо отметить, что печень также весьма чувствительна к гипоксии, в результате чего у больных анемией достаточно часто имеются морфологические изменения в печени и её гемодинамике. У больных изменяется печёночный кровоток, который проявляется вазодилатацией капиллярного русла печени и, следовательно, снижением артериального притока крови [8]. Это неизбежно ведет к изменению её функции, что отражается на показателях активности трансаминаз и имеет подтверждение в полученных нами результатах. Ученые также отмечают, что хроническая гипоксия вследствие анемии вызывает у беременных стресс, стимулирующий синтез кортикотропин-рилизинг-гормона, выработку кортизола и глюкокортикоидов, которые способствуют катаболизму жиров, гликогена и белка [7].

Активация метаболизма аминокислот, но и характерное для патологии печени, увеличение проницаемости мембран гепатоцитов, сопровождается увеличением уровня аспартатаминотрансферазы в крови [17]. Поэтому выявленное нами увеличение активности АсАТ указывает на интенсификацию синтеза белков, в том числе и входящие в состав молозива. Таким образом, это постоянное явление при физиологической беременности, но оно принимает патологический характер при патологии печени на фоне деструкции мембран и при чрезмерной гиперферментемии [19]. Поэтому высокий уровень аспартатаминтрансферазы у коров указывает не на интенсификацию белкового обмена, а на нарушение функций мембран гепатоцитов и выход из них ферментов [1]. Это вероятно и является причиной возникновения ферментативной внутриклеточной недостаточности, которая сопровождается вторичной депрессией синтеза пептидных соединений. На фоне ферментативной недостаточности компенсаторное значение имеет повышение активности ГГТ, которая обеспечивает перераспределение аминокислот между пулами для обеспечения глюкогенеза и восстановления энергетики клетки [3, 28, 32].

Таким образом, полученные нами результаты указывают на то, что у больных гепатозом и особенно в сочетании его с анемией имеет место следующий патофизиологический алгоритм: деструкция с повышением проницаемости мембран клеток → внутриклеточная ферментативная недостаточность → депрессия глюконеогенеза → дефицит энергии → угнетение синтеза пептидных соединений → дефицит белка и иммуноглобулинов в крови и молозиве.

Таким образом, экстрагенитальная патология у коров в третьем триместре беременности, сопровождающаяся нарушениями функции печени, гипоксическими и ацедотическими состояниями, может стать причиной нарушения процессов синтеза молозива со снижением уровня содержания в нём общего белка и иммуноглобулинов. При этом наличие гипоксического состояния снижает роль молозива в формировании колострального иммунитета. Выраженность данного явления зависит от характера и тяжести болезней у матери. В нашем случае ведущую патогенетическую роль сыграла анемия,

которая стала причиной гипоксического состояния у коровы и новорожденного. Подобные сообщения встречались и ранее. Tyler H. и Ramsey H. в 1991 году проводили исследования на телятах с моделированной гипоксией и показали снижение всасываемости иммуноглобулинов молозива у телят в течение первых 18 часов после выпойки [35]. Подобные изменения нами также наблюдались у телят с интранатальной асфиксией. Тогда было установлено, что ацидоз, гипоксия, разрушение мембран, дефицит буферной базы и гиперкапния оказывают наибольшее ингибирующее влияние на абсорбцию колостральных иммуноглобулинов [2]. При этом необходимо отметить, что после рождения потребление кислорода млекопитающихся увеличивается в три раза по сравнению с тем количеством, которое они потребляют, находясь в утробе матери [29]. Однако, на фоне врожденной анемии должная потребность в кислороде не обеспечивается, в результате чего образуются метаболические нарушения, приводящие к возникновению респираторного ацидоза и усилению интенсивности образования продуктов перекисного окисления липидов [21]. Это приводит к нарушению транспорта колостральных иммуноглобулинов и формированию предрасположенности к развитию ранней неонатальной инфекции.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенные исследования показали, что наличие анемии и гепатодистрофии у коров во время беременности оказывает существенное влияние на качество молозива и морфофункциональное состояние новорожденных телят. При этом формирование колострального иммунитета у телят зависит не только от качества молозива, но и от клинического статуса новорожденного и, в частности, наличия у него гипоксического и ацидотического состояния, которые, как показывают исследования, снижают иммунологические свойства даже качественного молозива. Для формирования должного уровня напряженности колострального иммунитета необходимо контролировать и, при необходимости, корректировать здоровье беременных коров и новорожденных телят.

FEATURES OF THE COLOSTRAL IMMUNITY FORMATION IN THE NEWBORN CALVES OBTAINED FROM THE COWS WITH EXTRAGENITAL PATHOLOGY

Zhukov M.S.* – cand. veterinarian. sciences, art. sci. sotr. Department of Experimental Pharma-cology and Functioning of Living Systems ORCID 0000-0002-9317-7344), **Parshin P.A.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Director (ORCID 0000-0002-8790-0540), **Vostroilova G.A.** – Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Officer. sotr. Department of Experimental Pharmacology and Functioning of Living Systems, (ORCID 0000-0002-2960-038X), **Shaposhnikov I.T.** – Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Officer. sotr. Department of Experimental Pharma-cology and Functioning of Living Systems (ORCID 0000-0003-0190-9083), **Brigadirov Yu.N.** – Doctor of Veterinary Sciences, Chief Scientific Officer. sotr. Department of Experimental Pharmacology and Function-ing of Living Systems (ORCID 0000-0003-3804-1732), **Alekhin Yu.N.**, Doctor of Veterinary Sciences, Chief Scientific Officer. sotr. Department of Experimental Therapy (ORCID 0000-0003-0666-7722)

All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy

*maxim.zhukoff2015@yandex.ru

ABSTRACT

The objective of our research was to study the features of the colostral immunity formation in the newborns obtained from the cows with different clinical conditions during gestation. The object of the study was Red-Motley cows (n=28) in the third trimester of gestation and the newborn calves obtained from them. Group I – clinically healthy (control, n=8), group II – animals with hepatodystrophy (n=6), group III – animals with a combined course of hepatodystrophy and anemia (n=14). It has been

found that in the cows with liver pathology and/or anemia, the colostrum of the first milk yield contains less protein and immunoglobulins by 24.1-25.4% and 11.9-14.2% ($P < 0.05$), respectively. However, it was noted that in the calves obtained from the cows of group II, the blood serum content of total immunoglobulins after colostrum feeding did not differ from the values of the control group, while in the calves obtained from the cows of group III, the same indicator was lower by 43.0% ($P < 0.05$). To clarify the reasons for this phenomenon, the Spearman correlation analysis was carried out, which showed that the level of total immunoglobulins in colostrum did not have a significant effect on their amount in the blood serum of calves after colostrum feeding ($R_s = 0.40$, $P > 0.05$). In this case, the presence of anemia in calves was of decisive importance ($R_s = 0.77$, $P < 0.05$). Thus, the formation of colostral immunity in calves depends not only on the quality of colostrum, but also on the clinical status of the newborn and in particular the presence of a hypoxic and acedotic condition.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Абидова Н.А., Гулямова Г.Д. Динамика работы печени при патологиях в аспекте патофизиологии. Ученый XXI века. 2023; 93 (2): 39-44.

2.Алехин Ю.Н., Жуков М.С. Absorption of colostral immunoglobulins in calves with experimental intranal asphyxia. Материалы VI международной научной конференции Наука России: Цели и задачи. 2017; 4: 41-47. DOI: 10.18411/sr-10-12-2017-66.

3.Алиева А.М., Байкова И.Е., Воронкова К.В. и др. Гамма-глутамилтранспептидаза – перспективный биологический маркер сердечной недостаточности. Клиницист. 2022; 16(1): 13-20.

4.Антонов В.Н. Этиопатогенез репродуктивных патологий коров. Наука, техника и образование. 2022; 84 (1): 19-23.

5.Вандони С. Транзитный период: профилактика синдрома жирной печени и кетоза. Комбикорма. 2021; 1: 76-80.

6.Великанов В.И., Кляпнев А.В., Харитонов Л.В., Терентьев С.С..Колостральный иммунитет и становление неспецифической резистентности телят под влиянием иммуномодуляторов. Санкт- Петербург: издательство «Лань», 2021; 160 с.

7.Виноградова М.А., Федорова Т.А., Рогачевский О.В. Влияние железодефицитной анемии на исходы беременности. Акушерство и гинекология. 2015; 7: 78-82.

8.Гельцер Б.И. Жилкова Н.Н. Изменение печеночного кровообращения у больных железодефицитной анемией. Дальневосточный медицинский журнал. 2006; 2: 26 -28.

9.Карамаева А.С., Карамаев С.В., Валитов Х.З. Особенности формирования колострального иммунитета у телят при разном объеме первой порции молозива. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023; 2: 38-44.

10.Кондрахин И.П., Архипов А.В., Левченко В.И., Таланов Г.А., Фролова Л.А., Новиков В.Э. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник. М.: КолосС, 2004; 520 с.

11.Лисицын В.В., Мищенко А.В., Кононов А.В., Левченко С.В., Думова В.В., Никешина Т.Б., Мищенко В.А., Павлов Д.К., Кухаркина О.В., Костыркин Ю.А. Проблема колострального иммунитета у новорожденных телят. Ветеринарная патология. 2006; 4: 161-165.

12.Наумович Ю.И., Тлехусеж М.А. Биохимические реакции расщепления углеводов в организме человека. Научное обозрение. Педагогические науки. 2019; 4-4: 80-85.

13.Попова О. С., Паршин П. А., Алехин Ю. Н. Показатели вегетативной нервной системы и эндотоксикоза у коров при физиологической и осложненной гестозом беременности. Аграрный вестник Урала. 2023; 23 (11): 75-85. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-11-75-85

14.Рослый И.М., Водолажская М.Г. Правила чтения биохимического анализа: Руководство для врача. Москва: ООО «Медицинское информационное агентство», 2020; 112 с.

15.Семенов В.Г., Симурзина Е.П., Ники-

тин Д.А., Караулов Р.С., Захаровский Г.В., Лузова А.В.. Иммунная защита телят в зависимости от качества молозива. Ветеринарный врач. 2023; 2: 33-40.
16.Сизова Ю.В. Молочная продуктивность и метаболизм аминокислот при увеличении уровня обменной энергии в рационе молочных коров. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014; 47 (3): 115-117.
17.Силивончик Н.Н., Ледник А.И., Левчук О.П., Плотникова Л.И. Макроаспартатаминотрансфераза. Гепатология и гастроэнтерология. 2021; 5 (1): 25-29.
18.Турейко К.А. Колостральный иммунитет новрожденных телят и способы его повышения. Материалы II Международной научно-практической конференции «Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России». Чебоксары, 2022; 160-163.
19.Успенская Ю.Б., Кузнецова И.В. Дифференциальная диагностика субклинического изолированного повышения трансаминаз печени во второй половине беременности. Гинекология. 2015; 17 (5): 14-18.
20.Федоров Ю.Н., Клюкина В.И., Богомолова О.А., Романенко М.Н. Молозиво и пассивный иммунитет у новорожденных телят: обзор. Российский ветеринарный журнал. 2018; 6: 20-24.
21.Черницкий А.Е., Рецкий М.И., Золотарев А.И., Ефанова Л.И., Братченко Э.В. Связь колострального иммунитета и биохимического статуса у новорожденных телят в первые дни жизни. Сельскохозяйственная биология. 2013; 6: 94-99.
22.Шабунин С.В., Алехин Ю.Н., Нежданов А.Г. Перинатальная патология у крупного рогатого скота - актуальная проблема ветеринарной медицины. Ветеринария. 2015; 1: 3-10.
23.Шахов А.Г. Алехин Ю.Н., Шабунин С.В., Сашнина Л.Ю., Федосов Д.В., Ерина Т.А., Пригородова О.В., Сидельникова И.Р., Голубцов А.В. Методическое пособие по диагностике и профилактике нарушений антенатального и интранатального происхождения у телят. Воронеж: Издательство «Истоки», 2013; 92 с.
24.Шахов А.Г., Шабунин С.В., Рецкий М.И., Золотарёв А.И., Масьянов Ю.Н., Сашнина Л.Ю., Близнецова Г.Н., Алехин Ю.Н., Фёдоров Ю.Н., Частов А.А., Скрабневская О.А. Методические рекомендации по оптимизации формирования колострального иммунитета у новорожденных животных. Воронеж, 2009; 42 с.
25.Шилова Е.Н., Порываева А.П., Печура Е.В., Халтурина Л.В. Колостральный иммунитет как аналитический фактор прогнозирования развития острых респираторных вирусных инфекций у телят. Ветеринария сегодня. 2021; 36 (1): 29–32.
26.Шульга Н.Н. Динамика иммуноглобулинов в сыворотках крови и молозива коров. Ветеринария. 2006; 1: 45-47.
27.Шульга Н.Н., Шульга И.С., Плавшак Л.П., Дикунина С.С. Законы формирования иммуноглобулиновой составляющей молозива. Национальная ассоциация ученых (НАУ). 2016; 19 (3): 59-62.
28.Castellano I., Merlino A. γ-Glutamyltranspeptidases: sequence, structure, biochemical properties, and biotechnological applications. Cell Mol Life Sci. 2012; 69 (20): 3381-3394. DOI: 10.1007/s00018-012-0988-3.
29.Dawes G.S., Mott J.C. The increase in oxygen consumption of the lamb after birth. J Physiol. 1959;146 (2): 295-315. DOI: 10.1113/jphysiol.1959.sp006194.
30.Harrell C.S., Gillespie C.F., Neigh G.N. Energetic stress: The reciprocal relationship between energy availability and the stress response. Physiol Behav. 2016; 166: 43-55. DOI: 10.1016/j.physbeh.2015.10.009.
31.Immler M, Failing K, Gärtner T, Wehrend A, Donat K. Associations between the metabolic status of the cow and colostrum quality as determined by Brix refractometry. J Dairy Sci. 2021; 104 (9):10131-10142. DOI: 10.3168/jds.2020-19812.
32.Kunutsor S.K. Gamma-glutamyltransferase-friend or foe within? Liver Int 2016; 36(12): 1723-1734. DOI: 10.1111/liv.13221.
33.Li Q. Hoppe T. Role of amino acid metabolism in mitochondrial homeostasis. Front. Cell Dev. Biol. 2023; 11: 1127618.

DOI:10.3389/fcell.2023.1127618
34. Soufleri A., Banos G., Panousis N., Fletouris D., Arsenos G., Kougioumtzis A., Valergakis G.E. Evaluation of factors affecting colostrum quality and quantity in holstein dairy cattle. Animals (Basel). 2021; 11 (7): 2005. DOI: 10.3390/ani11072005.
35. Tyler H., Ramsey H. Hypoxia in neonatal calves: effect on intestinal transport of immunoglobulins. Dairy Sci. 1991; 74: 1953-1956. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91) 78361-6.
36. Vasilieva S.V., Vasiliev R.M. Influence of subclinical ketosis in cows on formation of colostral immunity in calves. Medical Immunology (Russia). 2021; 23 (4): 981-986. DOI 10.15789/1563-0625-IOS-2274.

REFERENSES

1. Abidova N.A., Gulyamova G.D. Dynamics of liver function in pathologies in the aspect of pathophysiology. The first XXI century. 2023; 93 (2): 39-44.
2. Alekhin V.N., Zhukov M.S. Absorption of colostral immunoglobulins in calves with experimental intranal asphyxia. Materials of the VI International Scientific conference Science of Russia: Books and publications. 2017; 4: 41-47.
3. Alieva A.M., Baykova I.E., Voronkova K.V., etc. Gamma-glutamyltranspeptidase is a promising biological marker of heart failure. The clinician. 2022; 16(1): 13-20.
4. Antonov V.N. Etiopathogenesis of reproductive pathologies of cows. Science, technology and education. 2022; 84 (1): 19-23.
5. Vandoni S. Transit period: prevention of fatty liver syndrome and ketosis. Compound feed. 2021; 1: 76-80.
6. Velikanov V.I., Klyapnev A.V., Kharitonov L.V., Terentyev S.S..Colostral immunity and the formation of nonspecific resistance of calves under the influence of immunomodulators. St. Petersburg: Lan Publishing House, 2021; 160 p.
7. Vinogradova M.A., Fedorova T.A., Rogachevsky O.V. The effect of iron deficiency anemia on pregnancy outcomes. Obstetrics and gynecology. 2015; 7: 78-82.
8. Geltser B.I. Zhilkova N.N. Changes in hepatic circulation in patients with iron deficiency anemia. Far Eastern Medical Journal. 2006; 2: 26-28.
9. Karamaeva A.S., Karamaev S.V., Valitov H.Z. Features of the formation of colostral immunity in calves with different volumes of the first portion of colostrum. Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2023; 2: 38-44.
10. Kondrakhin I.P., Arkhipov A.V., Levchenko V.I., Talanov G.A., Frolova L.A., Novikov V.E. Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics: Reference book. Moscow: KolosS, 2004; 520 p.
11. Lisitsyn V.V., Mishchenko A.V., Kononov A.V., Levchenko S.V., Dumova V.V., Nikeshina T.B., Mishchenko V.A., Pavlov D.K., Kukharkina O.V., Kostyrkin Yu.A. The problem of colostral immunity in newborn calves. Veterinary pathology. 2006; 4: 161-165.
12. Naumovich Yu.I., Tlekhusezh M.A. Biochemical reactions of carbohydrate breakdown in the human body. Scientific review. Pedagogical sciences. 2019; 4-4: 80-85.
13. Popova O. S., Parshin P. A., Alyokhin Yu. N. Indicators of the autonomic nervous system and endotoxicosis in cows with physiological and gestosis-complicated pregnancy. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023; 23 (11): 75-85. DOI: 10.32417/1997-4868-2023 -23-11-75-85
14. Rosly I.M., Vodolazhskaya M.G. Rules for reading biochemical analysis: A guide for a doctor. Moscow: LLC "Medical Information Agency", 2020; 112 p.
15. Semenov V.G., Simurzina E.P., Nikitin D.A., Karaulov R.S., Zakharovsky G.V., Luzova A.V. Immune protection of calves depending on the quality of colostrum. Veterinarian. 2023; 2: 33-40.
16. Sizova Yu.V. Dairy productivity and metabolism of amino acids with an increase in the level of metabolic energy in the diet of dairy cows. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2014; 47 (3): 115-117.
17. Silivonchik N.N., Lednik A.I., Levchuk O.P., Plotnikova L.I. Macro-aspartate aminotransferase. Hepatology and gastroenterology. 2021; 5 (1): 25-29.
18. Tureiko K.A. Colostral immunity of

newborn calves and ways to increase it. Materials of the second scientific and practical International conference "Scientific and educational environment as the basis for the development of the intellectual potential of agriculture in the regions of Russia". Cheboksary, 2022; 160-163.
19. Uspenskaya Yu.B., Kuznetsova I.V. Differential diagnosis of subclinical isolated increase in liver transaminases in the second half of pregnancy. Gynecology. 2015; 17 (5): 14-18.
20. Fedorov Yu.N., Klyukina V.I., Bogomolova O.A., Romanenko M.N. Colostrum and passive immunity in newborn calves: a review. Russian Veterinary Journal. 2018; 6: 20-24.
21. Chernitsky A.E., Retsky M.I., Zolotarev A.I., Efanova L.I., Bratchenko E.V. The relationship of colostral immunity and biochemical status in newborn calves in the first days of life. Agricultural biology. 2013; 6: 94-99.
22. Shabunin S.V., Alekhine Yu.N., Nejdanov A.G. Perinatal pathology in cattle - an urgent problem of veterinary medicine. Veterinary medicine. 2015; 1: 3-10.
23. Shakhov A.G. Alyokhin Yu.N., Shabunin S.V., Sashnina L.Yu., Fedosov D.V., Erin T.A., Prigorodova O.V., Sidelnikova I.R., Golubtsov A.V. Methodological guide for the diagnosis and prevention of disorders of antenatal and intranatal origin in calves. Voronezh: Istoki Publishing House, 2013; 92 p.
24. Shakhov A.G., Shabunin S.V., Retsky M.I., Zolotarev A.I., Masyanov Yu.N., Sashnina L.Yu., Kuznetsova G.N., Alekhine Yu.N., Fedorov Yu.N., Chastov A.A., Skrabnevskaya O.A. Methodological recommendations for optimizing the formation of colostral immunity in newborn animals. Voronezh, 2009; 42 p.
25. Shilova E.N., Poryvaeva A.P., Pechura E.V., Khalturina L.V. Colostral immunity as an analytical factor in predicting the development of acute respiratory viral infections in calves. Veterinary medicine today. 2021; 36 (1): 29–32.
26. Shulga N.N. Dynamics of immunoglobulins in blood sera and colostrum of cows. Veterinary medicine. 2006; 1: 45-47.
27. Shulga N.N., Shulga I.S., Plavshak L.P., Dikunina S.S. The laws of formation of the immunoglobulin component of colostrum. National Association of Scientists (NAU). 2016; 19 (3): 59-62.
28. Castellano I., Merlino A. γ-glutamyltranspeptidases: sequence, structure, biochemical properties and application in biotechnology. Cell Mol Life Sci. 2012; 69 (20): 3381-3394.
29. Dawes G.S., Mott J.K . Increased oxygen consumption of the lamb after birth. J Physiol. 1959;146 (2): 295-315. DOI: 10.1113/jphysiol.1959.sp006194.
30. Harrell K.S., Gillespie K.F., Ni G.N. Energy stress: the relationship between energy availability and stress response. The physiology of behavior. 2016; 166: 43-55. DOI: 10.1016/j.physbeh.2015.10.009.
31. Immler M., Feiling K., Gertner T., Verend A., Donat K. The relationship between the metabolic status of a cow and the quality of colostrum, determined by the Brix refractometry method. Scientific research in the field of dairy products. 2021; 104 (9):10131-10142.
32. Kunutsor S.K. Gamma-glutamyltransferase - your own or someone else's in the body? Liver Int 2016; 36(12): 1723-1734. DOI: 10.1111/liv.13221.
33. Lee V. Hoppe T. The role of amino acid metabolism in mitochondrial homeostasis. Before. Cell Dev. Biol. 2023; 11: 1127618. DOI:10.3389/fcell.2023.1127618
34. Soufleri A., Banos G., Panousis N., Fleturis D., Arsenos G., Kugioumtzis A., Valergakis G.E. Assessment of factors affecting the quality and quantity of colostrum in Holstein dairy cattle. Animals (Basel). 2021; 11 (7):2005. DOI: 10.3390/ani11072005.
35. Tyler H., Ramsey H. Hypoxia in newborn calves: effect on intestinal transport of immunoglobulins. Dairy Sci. 1991; 74: 1953 -1956.
36. Vasilyeva S.V., Vasiliev R.M. The effect of subclinical ketosis in cows on the formation of colostral immunity in calves. Medical immunology (Russia). 2021; 23 (4): 981-986

ИНВАЗИОННЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК: 619: 616.995.1: 615
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.108

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА «ПРАЗИТЕЛ ПЛЮС» У СОБАК ПРИДИФИЛЛОБОТРИОЗЕ

Каменов К.С.[1] – вет. врач центра ветеринарии ВолгГМУ; **Шинкаренко А.Н.**[2] – д-р ветеринар. наук, проф., Председатель коллегии (ORCID 0000-0003-4629-8175).

[1] ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
[2] Национальная коллегия судебных экспертов ветеринарной медицины и биоэкологии

*kamenovk92@mail.ru

Ключевые слова: *собаки, щенки, дифиллоботриоз, лечение, эффективность.*
Keywords: *dogs, puppies, diphyllobothriosis, treatment, efficacy.*

Поступила: 16.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Дифиллоботриоз – болезнь, обусловленная природными и социальными условиями, возбудителем которой являются ленточные черви семейства Diphyllobothriidae, класса Cestoda. Дифиллоботриоз широко распространен в мире. Регистрируется в ряде регионов Российской Федерации, в том числе Волгоградской области. Возбудителем являются ленточные гельминты рода *Diphyllobothrium spp.* Цикл развития зависит от водоемов, поскольку пресноводные веслоногие являются промежуточными хозяевами, а рыбы дополнительными. Заболеванию подвержены люди, домашние и дикие плотоядные, в частности собаки. Ключевым в терапевтическом подходе у собак с диагнозом – дифиллоботриоз будет выведение кишечных паразитов. С целью уничтожения гельминтов применяют противогельминтозные препараты, вызывающие истребление паразитирующих в организме гельминтов, блокируя или угнетая обменные процессы, мышечную и нервную системы. Цель исследования – провести исследование по эффективности применения лекарственного препарата «Празител плюс» у собак при экспериментальном и спонтанном дифиллоботриозе. Определение эффективности «Празител плюс» в форме таблеток проводили на базе ветеринарных клиник г. Волгограда в период 2022-2024 гг. Объектом изучения служили собаки, владельцы которых жаловались на потерю массы тела животных, общую слабость, снижение аппетита или отказ, рвоту, тусклую шерсть, диарею и др. Диагноз устанавливали комплексно на основании данных анамнеза, клинического осмотра и лабораторных исследований. Исследования показали, что противогельминтный препарат, содержащий в своем составе празиквантел, пирантела памоат и фенбендазол, оказывает лечебный эффект при инвазии ленточными червями рода *Diphyllobothrium spp*.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

На сегодняшний день гельминтозы остаются весьма опасной угрозой для здоровья людей и животных. Дифиллоботриоз широко распространен у домашних и диких животных. Дифиллоботриоз у собак – болезнь, возбудителем которой являются ленточные черви рода *Diphyllobothrium spp.*. Проявляется инвазия снижением аппетита, рвотой, диареей и другими расстройствами пищеварения. Главным в вопросе неспецифичности течения дифиллоботриоза, будет проблема схожести клинических признаков, характерных для большей части других болезней [1, 2, 3, 4, 5].

*Diphyllobothrium sp*p. оказывают на собак полинегативное воздействие. Повреждения тканей и органов способствуют распространению инфекционным агентам, изменению баланса питательных веществ, нарушению микробиома [6, 7].

Для лечения и профилактики дифиллоботриоза у собак разработано множество разных лекарственных форм антигельминтных препаратов различного спектра действия. Актуальной задачей исследователей в области ветеринарии является усовершенствование существующих, разработка и изучение новых эффективных средств лечения гельминтозов [3, 8, 9].

В доступной научной и учебной литературе, а также в открытых интернет-ресурсах нами не было найдено данных применения «Празител плюс» при дифиллоботриозе, однако противогельминтный препарат широко используется в практике ветеринарных специалистов при токсокарозе, анкилостомозе, дипилидиозе, тениозе и смешанной нематодозно-цестодозной инвазии собак и кошек [3, 8]. Ввиду этого, целью исследования является анализ эффективности применения противогельминтного препарата «Празител плюс» у собак при дифиллоботриозе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В исследовании были отобраны 47 спонтанно инвазированных собак *Diphyllobothrium* spp., а также проведено экспериментальное заражение 8 щенков в возрасте 6 месяцев которым были скормлены кусочки рыбы, зараженные плероцеркоидами. На 7-й, 14-й, 21-й день после заражения были проведены исследования фекалий на яйца *Diphyllobothrium spp*. Яйца лентецов обнаруживали на 25-й день после заражения у 5 из 8 наблюдаемых щенков. Программа исследования одобрена на заседании Комиссии по биоэтике в присутствии уполномоченных представителей подразделений МОО «НК СУДЭКС ВМЭ» и ВолгГМУ 27 марта 2023 г., протокол № 07.

Подопытные группы были сформированы с учетом возрастных категорий. В первую и вторую группы входили собаки возрастом от 1 до 5 лет, в третью и четвертую- собаки старше 7 лет. В контрольные группы входили спонтанно ивазированные собаки *Diphyllobothrium spp*. аналогичных возрастных групп. В подопытные и контрольные группы были отобраны собаки разных пород, в том числе и беспородные, с различным типом содержания. Контрольную группу для щенков возрастной категории 6 месяцев не удалось сформировать поскольку спонтанно инвазированные щенки *Diphyllobothrium spp.* регистрировались в единичных случаях.

В состав препарата «Празител плюс» входят действующие вещества празиквантел, пирантела памоат и фенбендазол, а также вспомогательные компоненты: сахар молочный, крахмал картофельный, кальций стеариновокислый, желатин, натрий кроскармелозу. В одной таблетке (0,55 г) содержание действующих веществ соответственно – 50 мг, – 140 мг, – 100 мг. По внешнему виду представляет собой таблетки плоскоцилиндрические с фаской, риской, а также логотипом «ПР», светло-желтого цвета с зеленоватым оттенком [3, 8].

Использованные в опытах экспериментально зараженные щенки находились на сбалансированном рационе и содержались индивидуально в условиях, исключающих возможность спонтанной инвазии. Введение лабораторных животных в

эксперимент осуществляли после предварительного карантинного содержания в течение 14 дней с целью клинического наблюдения и исключения инфекционных и иных болезней. Собаки содержались в условиях вивария согласно зоотехническим и зоогигиеническим нормативам содержания и кормления. Клиническое обследование собак выполняли согласно ГОСТ Р 58090-2018. «Клиническое обследование непродуктивных животных. Общие требования» [10].

Экспериментально зараженные щенки получали ежедневный рацион «PERFECT FIT™ для щенков до года» на всех этапах исследования. Исследования фекалий на яйца инвазий проводили с помощью лабораторных методов Фюллеборна, Щербовича.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Лекарственное средство применяли после комплексной постановки диагноза. Таблетки задавали животным внутрь. В течение 1,5 часов проводили наблюдение в условиях ветеринарной клиники, отслеживая клинический статус животных, после чего мониторинг состояния собак проводился удаленно с использованием программы VooV в течение 3 дней. Препарат применяли в дозе 1 таблетка на 10 кг массы собаки. Лекарственное средство использовали однократно в первой и третей подопытных группах. Во второй и четвертой - препарат использовали один раз в сутки в течении трех суток.

За животными вели наблюдения в течение 50 дней с последующим контролем яиц гельминта в фекалиях через 3 месяца. Учет эффективности для подопытных групп проводили через 7, 14 и 21 день после дачи препарата (таблицы 1-3). При применении препарата у животных не отмечено каких-либо побочных явлений и осложнений.

Таблица 1 – Лечебная эффективность препарата «Празител плюс» у щенков 6 месяцев, экспериментально зараженных лентецами

Исследовано всего	Обнаружение яиц *Diphyllobothrium spp*.						Эффективность, %
	До дегельминтизации	ЭЭ, %	14 дней после дегельминтизации	ЭЭ, %	21 дней после дегельминтизации	ЭЭ, %	
5	+	100	–	100	–	100	100

Примечание: ЭЭ – экстенсэффективность.

Таблица 2 – Лечебная эффективность препарата «Празител плюс» у собак 1- 5 лет спонтанно инвазированных лентецами

	Исследовано всего	Обнаружение яиц *Diphyllobothrium spp.*							
		До дегельминтизации	ЭЭ, %	7 дней после дегельминтизации	ЭЭ, %	14 дней после дегельминтизации	ЭЭ, %	21 дней после дегельминтизации	ЭЭ, %
OI	10	+	100	–	100	–	100	+	63
OII	10	+	100	–	100	–	100	–	100
K	7	+	100	+	100	+	100	+	100

Таблица 3 – Лечебная эффективность препарата «Празител плюс» у собак старше 7 лет спонтанно инвазированных лентецами

	Исследовано всего	Обнаружение яиц *Diphyllobothrium spp.*							
		До дегельминтизации	ЭЭ, %	7 дней после дегельминтизации	ЭЭ, %	14 дней после дегельминтизации	ЭЭ, %	21 дней после дегельминтизации	ЭЭ, %
OI	10	+	100	–	100	–	100	+	68
OII	10	+	100	–	100	–	100	–	100
К	7	+	100	+	100	+	100	+	100

Примечание к таблице 2 и 3: О - подопытная группа, К - контрольная группа, ЭЭ – экстенсэффективность.

Через 14 дней после применения препарата «Празител плюс» у собак подопытных групп, включая экспериментально заражённых щенков в фекалиях, не обнаруживали яиц *Diphyllobothrium spp*.

На всех этапах исследования ни у одной собаки из подопытных групп, получавшей препарат «Празител плюс», не было отмечено побочных действий и нежелательных реакций после его применения. Через 5 дней от последнего перорально применения у собак второй и четвертой подопытных групп с клиническими проявлениями, такими как сниженный аппетит и рвота, было отмечено их отсутствие.

В контрольных группах с возрастными категориями собак от 1 до 5 лет и старше 7 лет, яйца гельминта в фекалиях обнаруживали на всех контрольных этапах.

ВЫВОДЫ / CONCLUSIONS

По результатам работы, диагностических наблюдений на 7, 14 и 21 день после применения препарата «Празител плюс» в течении трех суток, а также при последующем исследовании фекалий на предмет яиц гельминта через 3 месяца, собаки второй и четвертой подопытных групп, включая экспериментально зараженных, были свободны от лентецов.

Изменение клинического статуса собак и щенков при первом и последующих приемах лекарственного препарата не было выявлено. В ходе клинического мониторинга на всех этапах использования препарата «Празител плюс» не отмечали побочных явлений и нежелательных реакций, а также осложнений.

В итоге исследовательской работы удалось установить высокую лечебную эффективность антигельминтного препарата «Празител Плюс» для собак при дифиллоботриозах.

THE EFFECTIVENESS OF THE DRUG THE DRUG "PRAZITEL PLUS" IN DOGS WITH DIPHYLLOBOTHRIOSIS

Kamenov K.S.[1]* – veterinarian; **Shinkarenko A.N.[2]** – Doctor of Veterinary Science, Professor, Chairman of the Board.

[1] Volgograd State Medical University

[2] National Collegium of Forensic Experts of Veterinary Medicine and Bioecology

*kamenovk92@mail.ru

ABSTRACT

Diphyllobothriosis is a disease caused by natural and social conditions, the causative agent of which is tapeworms of the family *Diphyllobothriidae*, class *Cestoda*. Diphyllo-

bothriasis is widespread in the world. It is found in a number of regions of the Russian Federation, including the Volgograd region. The causative agent is tapeworms of the genus *Diphyllobothrium spp*. The development cycle depends on water bodies, since freshwater copepods are intermediate hosts, and fish are additional hosts. The disease affects people, domestic and wild predators, in particular dogs. The main thing in the treatment of diphyllobothriasis in dogs will be getting rid of intestinal parasites. To destroy helminths, anthelmintic drugs are used, causing the destruction of helminths parasitizing in the body, blocking or suppressing metabolic processes, the muscular and nervous systems. The aim of the study is to conduct a study on the effectiveness of the drug "Prazitel Plus" in dogs with experimental and spontaneous diphyllobothriasis. The effectiveness of the drug "Prazitel Plus" in the form of tablets was determined in veterinary clinics in Volgograd in the period 2023-2024. The subjects of the study were dogs whose owners complained of loss of animal body weight, general weakness, decreased appetite or refusal of it, vomiting, dull hair, loose stools, and others. The diagnosis was made based on history, clinical examination and laboratory research. Studies have shown that an anthelmintic drug containing praziquantel, pyrantel pamoate and fenbendazole helps kill tapeworms of the genus *Diphyllobothrium spp*.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Арисова, Г.Б. Изучение сравнительной эффективности препарата "Гельминтал Мини сироп" (толтразурил, моксидектин) и препаратов-аналогов при кишечных паразитозах животных / Г.Б. Арисова // Российский паразитологический журнал. – 2021. – Т. 15, № 2. – С. 88-94.
2. Воробьева, И.Ю. Эффективность препарата "Празитекс-5" при имагинальных цестодозах собак / И.Ю. Воробьева // Экология и животный мир. – 2020. – № 1. – С. 28-33.
3. Оробец, В.А. Оценка терапевтической эффективности суспензии «Празител® Особый» при кишечных гельминтозах щенков и котят / В.А. Оробец, О.И. Севостьянова, И.В. Заиченко, С.В. Мукасеев // Российский ветеринарный журнал. – 2019. – № 7 – С. 25–32.
4. Scholz, T. Broad tapeworms (Diphyllobothriidae), parasites of wildlife and humans: recent progress and future challenges / T. Scholz, R. Kuchta, J. Brabec // Int J Parasitol Parasites Wildl. – 2019. – № 9. – P. 359-369.
5. Payghan, P.S. Therapeutic management of ascites associatedwith diphyllobothriosis in a dog – a case report / P.S. Payghan, G.R. Bhojne, V.M. Dhoot [et al.] // Indian Journal of Canine Practice. – 2022. – Vol. 14 (2). – P. 90-92.
6. Василевич, Ф.И. Паразитарные зоонозы / Ф.И. Василевич, Л.М. Белова, М.И. Бурмистрова. – Москва: ЗооВетКнига, 2020. – 248 с.
7. Забровская, А.В. Устойчивость гельминтов к антигельминтикам: механизм, методы детекции, способы предотвращения резистентности / А.В. Забровская, Л.М. Белова, Н.А. Гаврилова // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2023. – № 2(58). – С. 42-48.
8. Оробец, В.А. Эффективность нового антигельминтного препарата «Празител ® Особый» при лечении кишечных гельминтозов собак старше 6 лет/ В.А. Оробец, О.И. Севостьянова, И.В. Заиченко, С.В. Мукасеев // Российский ветеринарный журнал. – 2018. – № 2. – С. 45-487.
9. Платонов, Т.А. Эффективность азинокса, фебтала и фенасала при дифиллоботриозах плотоядных / Т.А. Платонов, Н.В. Кузьмина, А.Н. Нюкканов // Современные вопросы ветеринарии Республики Саха (Якутия) : Сборник материалов научно-методической конференции факультета ветеринарной медицины, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Якутск, 15 мая 2020 года / Под редакцией М.Ф. Сидорова. – Якутск: Издательство "АГРУС", 2020. – С. 209-213.
10. ГОСТ Р 58090-2018 Клиническое обследование непродуктивных животных. Общие требования [Электронный ресурс]. – М: Стандартинформ, 2018. – 12 с.

REFERENCES

1. Arisova, G.B. Study of comparative efficacy of "Gelmintal Mini Syrup" (toltrazuril, moxidectin) and similar drugs in intestinal parasitosis of animals / G.B. Arisova // Russian Parasitological Journal. - 2021. - Vol. 15, No. 2. - P. 88-94.
2. Vorobyova, I.Yu. Efficiency of "Prazitex-5" in canine imaginal cestodiasis / I.Yu. Vorobyova // Ecology and Animal World. - 2020. - No. 1. - P. 28-33.
3. Orobets, V.A. Evaluation of therapeutic efficacy of Prazitel® Special suspension in intestinal helminthiasis of puppies and kittens / V.A. Orobets, O.I. Sevostyanova, I.V. Zaichenko, S.V. Mukaseev // Russian Veterinary Journal. – 2019. – No. 7 – pp. 25–32.
4. Scholz, T. Broad tapeworms (Diphyllobothriidae), parasites of wildlife and humans: recent progress and future challenges / T. Scholz, R. Kuchta, J. Brabec // Int J Parasitol Parasites Wildl. – 2019. – No. 9. – R. 359-369.
5. Payghan, P.S. Therapeutic management of ascites associated with diphyllobothriosis in a dog – a case report / P.S. Payghan, G.R. Bhojne, V.M. Dhoot [et al.] // Indian Journal of Canine Practice. – 2022. – Vol. 14(2). – R. 90-92.
6. Vasilevich, F.I. Parasitic zoonoses / F.I. Vasilevich, L.M. Belova, M.I. Burmistrova. - Moscow: ZooVetKniga, 2020. - 248 p.
7. Zabrovskaya, A.V. Resistance of helminths to anthelmintics: mechanism, detection methods, methods of preventing resistance / A.V. Zabrovskaya, L.M. Belova, N.A. Gavrilova // Actual issues of veterinary biology. - 2023. - No. 2 (58). - P. 42-48.
8. Orobets, V.A. Efficiency of the new anthelmintic drug "Prazitel ® Special" in the treatment of intestinal helminthiasis in dogs over 6 years old / V.A. Orobets, O.I. Sevostyanova, I.V. Zaichenko, S.V. Mukaseev // Russian Veterinary Journal. - 2018. - No. 2. - P. 45-487.
9. Platonov, T.A. Efficiency of azinox, febtal and fenasal in diphyllobothriasis of carnivores / T.A. Platonov, N.V. Kuzmina, A.N. Nyukkanov // Modern issues of veterinary medicine of the Republic of Sakha (Yakutia): Collection of materials of the scientific and methodological conference of the faculty of veterinary medicine dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Yakutsk, May 15, 2020 / Edited by M.F. Sidorov. - Yakutsk: Publishing House "AGRUS", 2020. - P. 209-213.
10. GOST R 58090-2018 Clinical examination of non-productive animals. General requirements [Electronic resource]. - M: Standartinform, 2018. - 12 p.

ФАРМАКОЛОГИЯ, ТОКСИКОЛОГИЯ, ФАРМАЦИЯ

УДК: 615.33:619:636.5.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.114

ВЛИЯНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ПОДАВЛЯЮЩЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОФЛОКСАЦИНА НА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ *SALMONELLA INFANTIS*-ИНФЕКЦИИ ЦЫПЛЯТ

Горбанёва А.С.* – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-1128-0020); **Скворцов В.Н.** – д-р ветеринар. наук, руководитель филиала (ORCID 0000-0002-9629-0000); **Присный А.А.** – д-р биол. наук, зав. лабораторией (ORCID 0000-0001-5229-4576); **Лаишевцев А.И.** – канд. биол. наук, зав. лабораторией (ORCID 0000-0002-5050-2274); **Лопунов С.В.** – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-3201-1065).

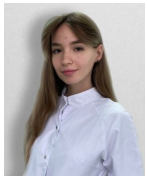
ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН»

*A.S.Saprunova@yandex.ru

Ключевые слова: *Salmonella infantis,* экспериментальное заражение, минимальная подавляющая концентрация, фторхинолоны, офлоксацин

Keywords: *Salmonella infantis,* experimental infection, minimal inhibitory concentration, fluoroquinololones, ofloxacin

Поступила: 03.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Цель работы заключалась в определении влияния показателей МПК (минимальной подавляющей концентрации) офлоксацина на его эффективность при экспериментальной *Salmonella infantis*-инфекции цыплят. Значения МПК офлоксацина для *S. infantis* устанавливали с использованием HiComb Strip — теста. Полученные *in vitro* результаты по определению МПК офлоксацина свидетельствуют о том, что препарат проявил высокую антибактериальную активность в отношении большинства штаммов *S. infantis*, так в концентрациях 0,005 - 0,05 мкг/мл он задерживал рост исследуемых микроорганизмов. Один из изолятов проявил устойчивость к данному препарату (МПК составляла 1,5 мкг/мл). Лечебно-профилактическое действие офлоксацина определяли на цыплятах суточного возраста. Для проведения опыта 250 цыплят были разделены на две группы по пять подгрупп (25 голов) в каждой. Экспериментальную инфекцию воспроизводили двумя штаммами *S. infantis*, у которых ранее зарегистрировали различные показатели МПК офлоксацина. Экспериментальную инфекцию воспроизводили путём внутрибрюшинного введения суспензии из суточной агаровой культуры в концентрации 300 млн. колонie-

образующих единиц (КОЕ), которые вводили в объёме 0,5 мл. Цыплят в группе №1 заражали штаммом, у которого МПК исследуемого препарата составляла 0,05 мкг/мл, в группе №2 – МПК 1,5 мкг/мл. Лечение продолжительностью пять суток начинали за сутки до заражения, выпаивали препарат в концентрациях: 25, 50, 100, 200 мг/л воды в обеих группах. Результаты опыта свидетельствуют о том, что при назначении офлоксацина при экспериментальной *Salmonella infantis*-инфекции цыплят, воспроизведённой чувствительным штаммом отмечен высокий лечебно-профилактический эффект при использовании препарата в концентрациях 100 и 200 мг/л воды (88 и 96% соответственно). При заражении цыплят изолятом более устойчивым к офлоксацину, его выпаивание в вышеназванных концентрациях не дало положительных результатов лечения.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Сальмонеллёз – это инфекционное заболевание, обладающее высокой инвазивностью. Больная и переболевшая птица, а также птицепродукты, обсеменённые сальмонеллами являются одними из самых частых источников заражения, как людей, так и животных. Непрерывный и стандартизированный надзор за распространенностью сероваров сальмонеллы на птицеводческих предприятиях имеет большое значение. Известно, что искоренение данного микроорганизма в условиях животноводческих комплексов и в пищевых цепочках является задачей не из легких [1]. Исследователями отмечено, что до 2016 года *Salmonella enterica Serovar infantis* составлял менее 10% изолятов из куриного мяса, но в 2021 году этот показатель увеличился почти до 30%. По состоянию на 2023 год он является наиболее распространенным сероварианом, который выделяют от цыплят-бройлеров [2, 3].

Salmonella infantis отличается высокой резистентностью к антимикробным средствам и обладает множественной устойчивостью, резистентностью к дезинфицирующим средствам, развитием биопленок [4, 5]. Более того, этот микроорганизм, в виду своих особенностей, может поставить под угрозу эффективность применения критически важных антимикробных препаратов, что является новым и серьезным вызовом для ветеринарии и здравоохранения [6].

На разных этапах прогресса ветеринарной и медицинской науки в борьбе с данной инфекцией применялись различные медикаменты, такие как хлорамфеникол, ампициллин и другие. Но с появлением устойчивости к традиционным лекарственным средствам стали применять фторхинолоновые препараты [7 - 10].

Особый интерес в данном направлении представляет офлоксацин – трициклический монофторхинолон [8]. Обладая обширным диапазоном бактерицидного действия в отношении грамотрицательных и грамположительных микроорганизмов, а также возбудителей с внутриклеточной локализацией, офлоксацин является часто назначаемым препаратом. Его выраженное бактерицидное действие обусловлено подавлением обеих субъединиц ДНК-гиразы, в связи с чем вероятность возникновения плазмидо- или хромосомно-опосредованной резистентности при антибиотикотерапии минимальна [11].

Целью работы стало изучение влияния значений минимальной подавляющей концентрации офлоксацина на его эффективность при экспериментальной *Salmonella infantis*-инфекции цыплят.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для достижения поставленной цели нами было проведено исследование в два этапа. Первый этап – определение минимальной подавляющей концентрации (МПК) офлоксацина для изолятов *S. infantis c* использованием HiComb Strip – теста (HiMedia Laboratories Pvt.Limited, Индия).

Второй этап осуществляли уже с учетом результатов первого. Экспериментальную инфекцию воспроизводили двумя штаммами *S. infantis*, у которых ранее зарегистрировали различные показатели МПК офлоксацина. Суспензии готовили асептически из смывов суточных агаро-

вых культур на изотоническом растворе NaCl в концентрации 300 млн. колониеобразующих единиц (КОЕ), которые вводили внутрибрюшинно в объёме 0,5 мл. Лечебно-профилактическое действие препарата исследовали на цыплятах суточного возраста. Для проведения опыта 250 цыплят были разделены на две группы по пять подгрупп (25 голов) в каждой.

Цыплят в группе №1 заражали штаммом, у которого МПК офлоксацина для данного микроорганизма составляла 0,05 мкг/мл, для заражения цыплят в группе №2 использовали штамм с МПК 1,5 мкг/мл. Цыплятам первой подгруппы в каждой группе назначали препарат в концентрации 25 мг/л воды, цыплятам второй подгруппы – 50 мг/л воды, цыплятам третьей подгруппы – 100 мг/л воды, цыплятам четвертой подгруппы – 200 мг/л воды, пятая подгруппа цыплят служила контролем. Лечение продолжительностью пять суток начинали за сутки до заражения. Длительность наблюдения за птицей в опыте составляла 15 суток.

Оценку лечебно-профилактической эффективности офлоксацина проводили с учетом выживаемости опытных и контрольных цыплят.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Полученные *in vitro* результаты по определению минимальной подавляющей концентрации офлоксацина свидетельствуют о том, что препарат проявил высокую антибактериальную активность в отношении большинства штаммов *S. infantis*, так в концентрациях 0,005 - 0,05 мкг/мл он задерживал рост исследуемых микроорганизмов. Однако к одному из изолятов (4632) результат по определению МПК значительно отличался от предыдущих и равнялся 1,5 мкг/мл. Таким образом было установлено, что данный штамм менее чувствителен к воздействию офлоксацина.

Для дальнейших исследований по определению лечебно-профилактической эффективности офлоксацина при экспериментальной *Salmonella infantis*-инфекции цыплят были отобраны два штамма с различными показателями МПК.

Таблица 1 – Лечебно-профилактическая эффективность офлоксацина при экспериментальной *Salmonella infantis*-инфекции цыплят

№ подгруппы	Доза, мг/кг	Группа №1				Группа №2			
		выжило		пало		выжило		пало	
		голов	%	голов	%	голов	%	голов	%
1	25	14	56	11	44	6	24	19	76
2	50	15	60	10	40	11	44	14	56
3	100	22	88	3	12	8	32	17	68
4	200	24	96	1	4	13	52	12	48
5	Контроль	1	4	24	96	1	4	24	96

Данные проведённого эксперимента представлены в таблице 1 и свидетельствуют о том, что культуры сальмонелл проявили высокую вирулентность, так как в контрольных группах отмечена высокая смертность (по 96%). В группе №1, в которой был для заражения использован штамм с значением МПК 0,05 мкг/мл получены следующие результаты. Наибольшую эффективность (96%) удалось получить при выпаивании офлоксацина в концентрации 200 мг/мл воды. За период наблюдений в этой группе пал всего лишь один цыплёнок. При назначении лекарственного средства в концентрации 100 мг/л воды лечебно-профилактическая эффективность составила 88% (пало 3 цыплёнка). При использовании препарата в дозах 50 и 25 мг/л воды отмечался значительный падёж (40-44%) среди птицепоголовья.

В группе №2 цыплят заражали штаммом, у которого МПК офлоксацина составляла 1,5 мкг/мл, смертность констати-

ровали у 48-76% цыплят. Ни в одной из опытных подгрупп не удалось достичь положительных результатов от назначения препарата.

Проведённые исследования демонстрируют необходимость контроля показателей устойчивости сальмонелл к антимикробным препаратам.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

При изучении МПК офлоксацина в отношении *S. infantis* установлены различные значения данного показателя. Встречались как чувствительные, так и устойчивые штаммы.

В опыте по изучению лечебно-профилактической эффективности офлоксацина при экспериментальной *Salmonella infantis*-инфекции цыплят, воспроизведённой чувствительным штаммом отмечен высокий лечебно-профилактический эффект при использовании в концентрациях 100 и 200 мг/л воды (88 и 96% соответственно).

При заражении цыплят изолятом более устойчивым к офлоксацину, его выпаивание в вышеназванных концентрациях не дало положительных результатов лечения.

MINIMAL INHIBITORY CONCENTRATION OF OFLOXACIN AND ITS EFFICACY IN EXPERIMENTAL INFECTION OF CHICKS WITH *SALMONELLA INFANTIS*

Gorbaneva A.S.* – Junior Researcher (ORCID 0000-0003-1128-0020), **Skvortsov V.N.** – Dr. Vet. Sci., Head of Department (ORCID 0000-0002-9629-0000), **Prisnyi A.A.** – Dr. Biol. Sci., Director of Laboratory (ORCID 0000-0001-5229-4576), **Laishevtsev A.I.** – C. Biol. Sci., Director of Laboratory (ORCID 0000-0002-5050-2274), **Lopunov S.V.** – C. Vet. Sci., Senior Researcher (ORCID 0000-0003-3201-1065).

FGBNU "Federal Scientific Centre — All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. I. Scriabin and Ya. R. Kovalenko of Russian Academy of Sciences"

*A.S.Saprunova@yandex.ru

ABSTRACT

The goal of the present article was to study minimal inhibitory concentrations (MIC) of ofloxacin with regard to its efficacy in experimental infection of chicks with *Salmonella infantis*. Values of MIC of ofloxacin for *S. infantis* were procured with the help of HiComb Strip test. The results of the tests *in vitro*, aimed at securing the values of minimal inhibitory concentrations of ofloxacin, prove that the drug boasts high antibacterial activity against most strains of *S. infantis*. Thus, ofloxacin inhibited the growth of the aforementioned microorganism at concentrations within the interval 0.005 – 0.05 μg/mL. Though one of the isolates proved to be resistant to the drug, its MIC was as high as 1.5 μg/mL. We employed day -old chicks in our experiment, which we conducted in order to evaluate the therapeutic and prophylactic effects of ofloxacin. For the sake of the experiment, we divided 250 chicks in 2 groups with 5 subgroups in either of them (n = 25 in each subgroup). For the experimental infection we used 2 strains of *S. infantis*, with different minimal inhibitory concentrations of ofloxacin, which had been detected previously. The chicks were challenged intraperitoneally with *S. infantis* in suspension, incubated on agar medium for 24 hours, at a concentration 3 x 10^8 CFUs / 0.5 mL. The chicks in Group I were challenged with a strain with minimal inhibitory concentration of ofloxacin 0.05 μg/mL, the chicks in Group II - 1.5 μg/mL. The treatment with ofloxacin started 24 hours prior to the challenge and lasted 5 days. The drug was administered via drinking water ad libitum at concentrations 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 200 mg/L in both groups. The results of the experiment show that after the challenge of chicks with an *S. infantis* strain, susceptible to ofloxacin, the drug has high therapeutic and prophylactic effects at concentrations 100 mg/L and 200 mg/L (88 % and 96 % respectively). But in experimental infection of chicks with an *S. infantis* strain, resistant to ofloxacin, its administration at the above-mentioned concentrations did not lead to positive effect.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Antimicrobial and Antibiofilm Effect of Commonly Used Disinfectants on *Salmonella Infantis* Isolates. / K. Bezek, J. Avberšek, O. Zorman Rojs, D. Barlič-Maganja, et al// –Microorganisms. – 2023. – 11(2). – doi.org/10.3390/microorganisms11020301.

2.Buffered Peptone Water Formulation Does Not Influence Growth of pESI-positive *Salmonella enterica Serovar Infantis*/ E.A. McMillan, M.E. Berrang, Q.D. Read, et al // Journal of Food Protection. – 2023. – №2. – P. 86. – doi.org/10.1016/j.jfp.2022.100033.

3.Uncommon *Salmonella Infantis* Variants with Incomplete Antigenic Formula in the Poultry Food Chain, Italy / S. Petrin, A. Tiengo, A. Longo, et al// Emerging Infectious Diseases. – 2024. – №30(4). – P. 795-799. – doi.org/10.3201/eid3004.231074.

4.Чувствительность *Salmonella Infantis* к антимикробным препаратам / А. С. Горбанева, Д. В. Юрин, В. Н. Скворцов, А. И. Лаишевцев // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 2. – С. 55-61. – doi.10.52419/issn2072-2419.2023.2.55.

5.Holistic Strategies to Control *Salmonella Infantis*: An Emerging Challenge in the European Broiler Sector/ L. Montoro-Dasi, L. Lorenzo-Rebenaque, A. Marco-Fuertes, S. Vega, C. Marin// Microorganisms. – 2023. – 11(7). – https://doi.org/10.3390/microorganisms11071765.

6.Чувствительность к антибиотикам сальмонелл-доминирующих сероваров, выделенных в Северо-Западном федеральном округе РФ в 2004–2018 гг. из различных источников / А.В. Забровская, С.А. Егорова, Н.А. Антипова, Е.В.Смирнова, Л.И.Семченкова, Т.Е. Быстрая, и др.// Журнал инфектологии. – 2022. – №14(1). – С.131-139. – doi.org/10.22625/2072-6732-2022-14-1-131-139.

7.Антибиотикорезистентность изолятов сальмонелл, выделенных из продуктов животного происхождения / Н. Б. Шадрова, О. В. Прунтова, Е. А. Корчагина // Ветеринария сегодня. – 2022. – Т. 11, № 1. – С. 27-34. – doi 10.29326/2304-196X-2022-11-1-27-34.

8.Антимикробная активность офлоксацина в отношении микроорганизмов, выделенных от больных животных/ В. Н. Скворцов, Н. А. Сафонова, А. А. Балбуцкая, и др.// Ветеринарная патология. – 2011. – № 3(37). – С. 100-103.

9.Чувствительность возбудителей бактериальных болезней животных к офлоксацину/Д. В. Юрин, В. Н. Скворцов, А. А. Балбуцкая, и др.// Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2019. – № 2(12). – С. 46-51.

10.Терапия экспериментального сальмонеллёза цыплят антимикробными препаратами группы фторхинолонов/ В. Н. Скворцов, Д. В. Юрин, В. В. Невзорова, А. Д. Мазур// Международный вестник ветеринарии. – 2020. – № 2. – С. 104-107. – doi 10.17238/issn2072-2419.2020.2.31.

11.Падейская, Е.Я. Антимикробные препараты группы фторхинолонов в клинической практике /Е.Я. Падейская, В.П. Яковлев. – Москва: ЛОГАТА, 1998 – 205 с.

REFERENCES

1.Antimicrobial and Antibiofilm Effect of Commonly Used Disinfectants on *Salmonella Infantis* Isolates. / K. Bezek, J. Avberšek, O. Zorman Rojs, D. Barlič-Maganja, et al// –Microorganisms. – 2023. – 11(2). – doi.org/10.3390/microorganisms11020301.

2.Buffered Peptone Water Formulation Does Not Influence Growth of pESI-positive *Salmonella enterica Serovar Infantis*/ E.A. McMillan, M.E. Berrang, Q.D. Read, et al // Journal of Food Protection. – 2023. – №2. – P. 86. – doi.org/10.1016/j.jfp.2022.100033.

3.Uncommon *Salmonella Infantis* Variants with Incomplete Antigenic Formula in the Poultry Food Chain, Italy / S. Petrin, A. Tiengo, A. Longo, et al// Emerging Infectious Diseases. – 2024. – №30(4). – P. 795-799. – doi.org/10.3201/eid3004.231074.

4. Chuvstvitel’nost’ *Salmonella Infantis* k antimikrobnym preparatam [Sensitivity of *Salmonella Infantis* to antimicrobial drugs] / A.S. Gorbaneva, D.V. Yurin, V.N. Skvortsov, A.I. Laishevtsev // *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International bulletin of Veteri-

nary Medicine], 2023, no. 2, pp. 55-61. - doi.10.52419/issn2072-2419.2023.2.55 (In Russ.).
5.Holistic Strategies to Control *Salmonella Infantis*: An Emerging Challenge in the European Broiler Sector/ L. Montoro-Dasi, L. Lorenzo-Rebenaque, A. Marco-Fuertes, S. Vega, C. Marin// Microorganisms. – 2023. – 11(7). – https://doi.org/10.3390/ microorganisms11071765.
6. Chuvstvitel'nost' k antibiotikam sal'monell-dominiruiushchikh serovarov, vydelennykh v Severo-Zapadnom federal'nom okruge RF v 2004–2018 gg. iz razlichnykh istochnikov [Antimicrobial susceptibility of dominant Salmonella serovars, isolated in North-West federal district in 2004–2018 from different sourses] / A.V. Zabrovskaia, S.A. Egorova, N.A. Antipova, E.V. Smirnova, L.I. Semchenkova, T.E. Bystraya, S.E. Sokolnik, N.P. Utkina, L.Y. Sikhando, N.V. Satosova// *Jurnal infektologii*, 2022, no. 14 (2), pp .131-139. – doi.org/10.22625/2072-6732-2022-14-1-131-139 (In Russ.).
7. Antibiotikorezistentnost' izoliatov sal'monell, vydelennykh iz produktov zhivotnogo proiskhozhdeniia [Antimicrobial resistance of Salmonella isolates recovered from animal products] / N.B. Shadrova, O.V. Pruntova, E.A. Korchagina // *Veterinariia segodnia* [Veterinary Science Today], 2022, no. 11 (1), pp. 27-34. – doi 10.29326/2304-196X-2022-11-1-27-34 (In Russ.).
8. Antimikrobnaia aktivnost' ofloksatsina v otnoshenii mikroorganizmov, vydelennykh ot bol'nykh zhivotnykh [Antimicrobial activity of ofloxacin against microorganisms, isolated from sick animals] / V.N. Skvortsov, N.A. Safonova, A.A. Balbutskaya [et al.] // *Veterinarnaia patologiia* [Russian Journal of Veterinary Pathology], 2011, no. 3 (37), pp. 100-103 (In Russ.).
9. Chuvstvitel'nost' vozbuditelei bakterial'nykh boleznei zhivotnykh k ofloksatsinu [Sensitivity of infection agents of bacterial animal diseases to ofloxacin] / D.V. Yurin, V.N. Skvortsov, A.A. Balbutskaya [et al.] // *Aktual'nye voprosy sel'skokhoziaistvennoi biologii* [Actual issues in agricultural biology], 2019, no. 2 (12), pp. 46-51 (In Russ.).
10. Terapiia eksperimental'nogo sal'monellioza tsypliat antimikrobnymi preparatami gruppy ftorkhinolonov [Treatment of experimental salmonellosis in chickens with fluoroquinolone antimicrobials] / V.N. Skvortsov, D.V. Yurin, V.V. Nevzorova, A.D. Mazur // *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International bulletin of Veterinary Medicine], 2020, no. 2, pp. 104-107. – doi 10.17238/issn2072-2419.2020.2.31 (In Russ.).
11. Padeiskaya Ye.N. Antimikrobnye preparaty gruppy ftorkhinolonov v klinicheskoi praktike [Fluoroquinolone antimicrobials in clinical practice] / Ye.N. Padeiskaya, V.P. Yakovlev // Moscow, LOGATA Publ., 1998, 352 p (In Russ.).

УДК: 615.33:619:636.5.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.120

ИЗУЧЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ГРУППЫ ФТОРХИНОЛОНОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ СТАФИЛОКОККОЗЕ ЦЫПЛЯТ

Юрин Д.В.* – канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-9380-4136); **Скворцов В.Н.** – д-р ветеринар. наук, руководитель Белгородского филиала ВИЭВ (ORCID 0000-0002-9629-0000); **Логвинова С.С.** – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-7586-6667); **Лаишевцев А.И.** – канд. биол. наук, зав. лабораторией ФГБНУ ВИЭВ (ORCID 0000-0002-5050-2274); **Лопунов С.В.** – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-3201-1065).

ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН»

*bes512@yandex.ru

Ключевые слова: *цыплята, экспериментальное заражение, стафилококкоз, Staphylococcus aureus, антимикробные препараты, фторхинолоны.*

Key words: *chicks, experimental infection, staphylococcosis, Staphylococcus aureus, antimicrobials, fluoroquinolones.*

Поступила: 22.06.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Стафилококковые инфекции цыплят представляют собой серьезную проблему для птицеводства, а совершенствование методов борьбы с этой группой заболеваний остается актуальной задачей. Было проведено сравнительное изучение лечебно-профилактической эффективности некоторых антимикробных препаратов из группы фторхинолонов при лечении цыплят, экспериментально зараженных *Staphylococcus aureus*. один был устойчивый к фторхинолонам, второй – чувствительный. Экспериментальную инфекцию воспроизводили внутрибрюшинным введением 0,5 мл суспензий из двух различных культур *S. aureus* в концентрации $3{,}0\times10^8$ микробных тел (№2 по шкале мутности McFarland). Препараты выпаивали в свободном доступе с питьевой водой в дозе 200 мг/л в течение пяти суток. Исследование показало, что высокий терапевтический эффект (96% и 88%) получен в группах цыплят, которых заражали штаммом, чувствительным к фторхинолонам и леченых

энрофлоксацином и левофлоксацином соответственно. Несколько худшие результаты получены в группе птиц, которых лечили ципрофлоксацином и заражали чувствительным изолятом стафилококка. В данной группе эффективность лечения составила 68%. Анализ результатов проведенного исследования указывает на неудовлетворительную эффективность перорального назначения офлоксацина при лечении стафилококковой инфекции цыплят. В случае заражения птиц устойчивой культурой *S. aureus* смертность составила 96%. При заражении цыплят чувствительным к офлоксацину стафилококком смертность среди птицепоголовья была также высокой (52%), и у многих цыплят данной группы инфекционный процесс перешел в хроническое течение. Применение норфлоксацина оказалось неэффективным. В обеих группах, получавших норфлоксацин, были зафиксированы сходные значения смертности среди зараженных цыплят, составившие 80 и 76% соответственно.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В настоящее время одно из ведущих мест в патологии сельскохозяйственных животных принадлежит заболеваниям стафилококковой этиологии [3, 13]. У кур представители рода *Staphylococcus* являются возбудителями зооантропонозного септического заболевания – стафилококкоза, сопровождающегося хромотой и массовой гибелью птицы [1]. Стафилококки повсеместно распространены как в условиях птицефабрик, так и среди домашних птиц, и относятся к нормальной бактериальной микробиоте кожи и слизистых оболочек [9]. При этом некоторые виды стафилококков, такие как *S. agnetis, S. cohnii*, *S. epidermidis, S. hyicus, S. simulans* и др., способны вызывать оппортунистические инфекции [14].

Тем не менее, основным возбудителем, причиняющим непоправимый вред здоровью птиц, является золотистый стафилококк (*Staphylococcus aureus*). Клинические симптомы вызываемых им поражений различаются в зависимости от места проникновения патогена и в большинстве случаев связаны с поражением костей, суставов и сухожилий [10; 11; 12]. Заболевания, этиологическим агентом которых служит *S. aureus,* в основном, носят хронический характер. Реже встречается стафилококковая инфекция другой локализации с поражением кожи, век, сердца, печени, суставов грудной клетки и позвоночника [4].

Известно, что в отношении стафилококков активны многие антимикробные препараты [2]. Однако, формирование устойчивости у возбудителей к лекарственным препаратам, особенно к представителям группы β-лактамов, стало серьезной проблемой для противомикробной терапии [8]. В связи с этим в последнее время в ветеринарной практике увеличивается использование препаратов других фармакологических групп, таких как фторхинолоны. Антимикробные средства данной группы обладают высокой антибактериальной активностью в отношении стафилококков, а также малотоксичны для птиц [5, 6, 7].

Целью нашей работы было сравнительное изучение лечебно-профилактической эффективности применения некоторых представителей группы фторхинолонов при экспериментальном заражении цыплят устойчивым и чувствительным изолятами *S. aureus*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В опыте находилось 300 цыплят кросса Хайскекс-Браун суточного возраста, которые были разделены на 12 групп по 25 голов в каждой. Цыплятам экспериментальных групп в течение 5 суток с водой давали коммерческие водорастворимые антимикробные препараты ветеринарного назначения в концентрации 200 мг/л. Препараты начинали выпаивать за двое суток до заражения в свободном доступе с питьевой водой. Первой и второй группам цыплят выпаивали офлоксацин, третьей и четвёртой – ципрофлоксацин, пятой и шестой группам – норфлоксацин, седьмой и восьмой группам – левофлоксацин, девятой и десятой – энрофлоксацин. Цыплята в одиннадцатой и двенадцатой группах служили контролем и лекар-

ственных средств не получали. Экспериментальную инфекцию воспроизводили внутрибрюшинным введением 0,5 мл суспензий из двух различных культур *S. aureus* в концентрации $3,0\times10^8$ микробных тел (№2 по шкале мутности McFarland). Цыплят первой, третьей, пятой, седьмой, девятой и одиннадцатой групп заражали штаммом, устойчивым к фторхинолонам. Цыплят второй, четвёртой, шестой, восьмой, десятой и двенадцатой групп заражали штаммом, чувствительным к фторхинолонам.

Период наблюдения за цыплятами составлял 20 суток. Критерием эффективности были заболеваемость и смертность цыплят в экспериментальных и контрольных группах.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты исследований представлены в таблице 1. Из полученных данных следует, что заболевание цыплят стафилококкозом хорошо воспроизводится с помощью использованной модели заражения. Гибель цыплят в контрольной группе, зараженной устойчивым вариантом стафилококка, достигала 100%. Для чувствительного изолята этот показатель равнялся 84%.

Таблица 1 – Сравнительная лечебно-профилактическая эффективность некоторых фторхинолонов при экспериментальном стафилококкозе цыплят

№ групп ы	Препарат	Изолят *S. aureus*	Ко-во цыплят	Выжило		Пало	
				голов	%	голов	%
1	Офлоксацин	Устойчивый	25	1	4	24	96
2	Офлоксацин	Чувствительный	25	12	48	13	52
3	Ципрофлоксацин	Устойчивый	25	4	16	21	84
4	Ципрофлоксацин	Чувствительный	25	17	68	8	32
5	Норфлоксацин	Устойчивый	25	5	20	20	80
6	Норфлоксацин	Чувствительный	25	6	24	19	76
7	Левофлоксацин	Устойчивый	25	3	12	22	88
8	Левофлоксацин	Чувствительный	25	22	88	3	12
9	Энрофлоксацин	Устойчивый	25	6	24	19	76
10	Энрофлоксацин	Чувствительный	25	24	96	1	4
11	Контроль	Устойчивый	25	-	-	25	100
12	Контроль	Чувствительный	25	4	16	21	84

Данные исследования (табл. 1) показали, что высокий терапевтический эффект (96% выживших) был получен в группе цыплят, которых заражали штаммом, чувствительным к фторхинолонам, и лечили энрофлоксацином. При этом после заражения птиц устойчивым изолятом смертность составляла 76%.

Высокие показатели выживаемости цыплят были получены и при использовании левофлоксацина. Так, при лечении препаратом птиц, зараженных чувствительным к нему изолятом стафилококка, выживаемость поголовья к завершению эксперимента составила 88%. Среди цыплят, зараженных устойчивым штаммом, отмечалась высокая смертность (88%).

Несколько худшие результаты были получены при использовании ципрофлоксацина. Так, при заражении цыплят устойчивой культурой стафилококка их смертность достигала 84%. В то же время эффективность назначения ципрофлоксацина при лечении цыплят, зараженных чувствительным изолятом золотистого стафилококка, составила 68%.

Анализ результатов проведенного исследования указывает на неудовлетвори-

тельную эффективность перорального назначения офлоксацина при лечении стафилококковой инфекции цыплят. В случае заражения птиц устойчивой культурой *S. aureus* смертность составила 96%. При заражении цыплят чувствительным стафилококком смертность среди поголовья была ниже – 52%. Тем не менее, у многих цыплят данной группы инфекционный процесс перешел в хроническое течение, и их дальнейшее хозяйственное использование было бы сомнительным.

Применение норфлоксацина также оказалось неэффективным. В обеих группах, получавших данный препарат, были получены сходные значения смертности среди зараженных цыплят, составившие 80 и 76% соответственно.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Изучение сравнительной лечебно-профилактической эффективности антимикробных препаратов при экспериментальном стафилококкозе суточных цыплят показало, что высокий терапевтический эффект (96% и 88%) получен в группах цыплят, которых заражали штаммом, чувствительным к фторхинолонам, и лечили энрофлоксацином и левофлоксацином соответственно. Несколько худшие результаты получены в группе птиц, которых лечили ципрофлоксацином и заражали чувствительным изолятом стафилококка. В данной группе эффективность лечения составила 68%. В остальных группах отмечался большой падёж среди цыплят (52-96%).

STUDY OF COMPARATIVE THERAPEUTIC AND PROPHYLACTIC EFFICACY OF FLUOROQUINOLONE ANTIBIOTICS IN EXPERIMENTAL STAPHYLOCOCCOSIS OF DAY-OLD CHICKS

Yurin D.V.* – C. Vet. Sci., Leading Researcher (ORCID 0000-0001-9380-4136); **Skvortsov V.N. –** Dr. Vet. sci., Head of Belgorod Department of FGBNU "Federal Scientific Centre VIEV" (ORCID 0000 0002 9629 0000); **Logvinova S.S.** – Junior Researcher (ORCID 0000-0001-7586-6667); **Laishevtsev A.I.** – C. Biol. Sci., Director of Laboratory of FGBNU "Federal Scientific Centre VIEV" (ORCID 0000-0002-5050-2274); **Lopunov S.V.** – C. Vet. Sci., Senior Researcher (ORCID 0000-0003-3201-1065).

FGBNU "Federal Scientific Centre — All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. I. Scriabin and Ya. R. Kovalenko of Russian Academy of Sciences"

*bes512@yandex.ru

ABSTRACT

Staphylococcosis in chicks raises much concern among poultry industry specialists and improving methods of its containing is still an urgent problem. We conducted a comparative study as for therapeutic and prophylactic efficacy of several fluroquinolone drugs in chicks, experimentally infected with *Staphylococcus aureus*. The chicks were challenged intraperitoneally with two different field isolates of *S. aureus* in suspension. One of the two isolates was resistant to fluoroquinolones, the other was susceptible to them. The chicks began receiving the drugs via drinking water ad libitum at 48 h prior to the challenge, at a concentration 200 mg/L. The treatment lasted 5 days. The results of our study show that the highest therapeutic effectiveness (96% and 88%) was achieved in the groups, which had been challenged with an *S. aureus* strain, susceptible to fluoroquinoloes and treated with enrofloxacin and levofloxacin, respectively. In the group, which had been challenged with a susceptible strain and treated with ciprofloxacin, therapeutic effectiveness was as just high as 68%. The results of our study also show rather low effectiveness of ofloxacin p.o. for treatment of staphylococcosis in chicks. When the chicks had been challenged with an *S. aureus* strain, resistant to fluoroquinolones, the mortality rate was as high as 96%. When they had been challenged with an *S. aureus* strain, susceptible to ofloxacin, the mortality rate of the poultry was rather high too - 52%. For most of the chicks in this group the infection became

chronic, making the prospects of their treatment and subsequent use in the farm obscure. Administration of norfloxacin proved its low effectiveness, very much like ofloxacin. For the two groups, receiving norfloxacin, the mortality rate among the challenged chicks was as high as 80% and 76%, respectively.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бакулин В.А. Болезни птиц / В.А. Бакулин. – Спб., 2006. – 688 с.
2. Балбуцкая А.А. Чувствительность к антибактериальным средствам возбудителей клинического мастита коров / А.А. Балбуцкая, В.Н. Скворцов, С.С. Белимова // Ветеринария. – 2018. – № 9. – С. 39-44. DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.9.39-44.
3. Захарова, Л.Н. Экспериментальная стафилококковая инфекция: микробиологические и иммунологические аспекты / Л.Н. Захарова [и др.] // Сибирское медицинское обозрение. – 2010. – № 4. – С. 46-49.
4. Кэлнек Б.У. Болезни домашних и сельскохозяйственных птиц: пер. с англ. / Б.У. Кэлнек, Г.Д. Барнес, К.В. Бэрд [и др.]. – М.: Изд-во Аквариум, 1997. – 1232 с.
5. Юрин, Д.В. Антимикробная активность фторхинолонов в отношении микроорганизмов, выделенных от животных / Д.В. Юрин, А.А. Балбуцкая, В.Н. Скворцов, А.А. Присный // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – № 3. – С. 63-67.
6. Юрин Д.В. Изучение переносимости энрофлоксацина цыплятами и его использование при лечении экспериментального сальмонеллёза / Д.В. Юрин [и др.] // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2020. – № 4 (18). – С. 46-52.
7. Юрин Д.В. Антимикробная активность энрофлоксацина *in vitro* / Д.В. Юрин, В.В. Невзорова, А.А. Балбуцкая, С.С. Белимова // Международный вестник ветеринарии. – 2020. – № 2. – С. 99-103. DOI: 10.17238/issn2072-2419.2020.2.31.
8. John, J Jr. The treatment of resistant staphylococcal infections / J Jr. John// F1000Res. – 2020. – №26. – P. 213-221.
9. Kizerwetter-Świda, M. Genetic characterization of coagulase-positive staphylococci isolated from healthy pigeons / M. Kizerwetter-Świda, D. Chrobak-Chmiel, M. Rzewuska, A. Antosiewicz, B. Dolka, A. Ledwoń, A. Czujkowska, M. Binek// Pol. J. Veter. Sci. – 2015. – № 18. – P 627-634.
10. McNamee, P.T. Bacterial chondronecrosis with osteomyelitis (’femoral head necrosis’) of broiler chickens: A review / P.T. McNamee, J.A. Smyth// Avian Pathol. – 2000. – № 29. – P. 253-270.
11. McNamee, P.T. Study of leg weakness in two commercial broiler flocks / P.T. McNamee, J.J. Mccullagh, B.H. Thorp at all// Veter Rec. – 1998. – № 143. – P. 131 -135.
12. Peton, V. *Staphylococcus aureus* in veterinary medicine / V. Peton// Infect.Genet. Evol. – 2014. – № 21. – P. 602-615.
13. Swayne, D.E. Diseases of Poultry / D.E. Swayne. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2020. – pp. 995-1003.
14. Szafraniec, G.M. Review of Current Knowledge on Staphylococcus agnetis in Poultry / G.M Szafraniec, Szeleszczuk P, Dolka B. A //. – Animals (Basel). – 2020. – № 10. – P. 1421.

REFERENCES

1. Bakulin V.A. Bolezni ptits [Diseases of birds] / V.A. Bakulin // Saint Petersburg, 2006, 688 p. (In Russ.)
2. Balbutskaya A.A. Chuvstvitel’nost’ k antibakterial’nym sredstvam vozbuditelei klinicheskogo mastita korov [Antimicrobial resistance of isolates causing clinical mastitis in cows] / A.A. Balbutskaya, V.N. Skvortsov, S.S. Belimova // Veterinariia [Veterinariya], 2018, no. 9, pp. 39-44. DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.9.39-44. (In Russ.)
3. Zaharova L.N. Eksperimental’naia stafilokokkovaia infektsiya: mikrobiologicheskiye i immunomorfologicheskiye aspekty [Experimental staphylococcal infection: microbiological and immunological aspects] / L.N. Zaharova, A.K. Baltabaeva, Yu.A. Pimenova, T.A. Ageeva, A.N. Evstropov // Sibirskoie meditsinskoie obozreniie [Siberian Medical Review], 2010, no. 4, pp. 46-49. (In Russ.)

4. Bolezni domashnikh i sel'skokhoziaistvennykh ptits. Per. s angl. Chast' 3 / B.U.Kelnek, Kh.Dzh.Barns, Ch.U.Bierd i dr. [Diseases of poultry. Edited by Bruce W. Calnek, H. John Barnes, Charles W. Beard et al., Vol. 3, translated from English], Moscow, Aquarium Publ., 1997, 1232 p. (In Russ.)
5. Yurin D.V. Antimikrobnaia aktivnost' ftorkhinolonov v otnoshenii mikroorganizmov, vydelennykh ot zhivotnykh [Antimicrobial activity of fluoroquinolones concerning the microorganisms allocated from animals] / D.V. Yurin, A.A. Balbutskaya, V.N. Skvortsov, A.A. Prisnyi // Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2018, no. 3, pp. 63-67. (In Russ.)
6. Yurin D.V. Izuchenie perenosimosti enrofloksatsina tsypliatami i ego ispol'zovanie pri lechenii eksperimetal'nogo sal'monellioza [Study of tolerance to enrofloxacin in chickens and employment of enrofloxacin for treatment of experimental salmonellosis] / D.V. Yurin et al. // Aktual'nye voprosy sel'skokhoziaistvennoi biologii [Actual issues in agricultural biology], 2020, no. 4 (18), pp. 46-52. (In Russ.)
7. Yurin D.V. Antimikrobnaia aktivnost' enrofloksatsina in vitro [Antimicrobial activity of enrofloxacin in vitro] / D.V. Yurin, V.V. Nevzorova, A.A. Balbutskaya, S.S. Belimova // Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2020, no. 2, pp. 99-103. DOI: 10.17238/issn2072-2419.2020.2.31. (In Russ.)

УДК: 619:616.9:616.596-002
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.126

ОЦЕНКА ПЕРЕНОСИМОСТИ ДОЙНЫМИ КОРОВАМИ СРЕДСТВА «СВ» ДЛЯ СУХИХ КОПЫТНЫХ ВАНН

Хузин Д.А. – д-р биол. наук, доц., зав. сектором дезинфекционных средств (ORCID 0000-0002-2338-4997); **Тарасова Е.Ю.** * – канд. биол. наук, зав. лабораторией ветеринарной санитарии (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Потехина Р.М.** – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. лаборатории ветеринарной санитарии (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Юсупов С.А.** – канд. ветеринар. наук, науч. сотр. сектора дезинфекционных средств (ORCID 0000-0002-1333-2974); **Лукина Г.Р.** – мл. науч. сотр. лаборатории ветеринарной санитарии (ORCID 0009-0006-1007-3782); **Быкова П.В.** – мл. науч. сотр. лаборатории ветеринарной санитарии (ORCID 0000-0003-3636-0633).

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»

* evgenechka1885@gmail.com

Ключевые слова: *переносимость, коровы, средство, сухие копытные ванны, болезни пальцев и копытец, санитария*

Key words: *tolerance, cows, remedy, dry hoof baths, diseases of fingers and toes, sanitation*

Поступила: 28.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Разработка и внедрение безопасных, эффективных средств профилактики и лечения болезней дистального отдела конечностей крупного рогатого скота имеет важное ветеринарно-зоогигиеническое и экономическое значение. В настоящее время установлено участие сапрофитных и условно-патогенных микроорганизмов и их ассоциаций в возникновении и распространении инфекционных болезней пальцев и копытец у крупного рогатого скота. Важным этапом проведения клинических исследований нового лекарственного препарата является изучение переносимости его повышенных доз на всех целевых видах животных, которым по инструкции он предназначается. Физиологические особенности коров, связанные с рождением телят и производством молока, ограничивают спектр, используемых для этой категории продуктивных животных эффективных лекарственных средств (антибиотиков, НПВС и др.), что создает определенные трудности в организации лечебно-профилактических мероприятий. В связи с этим перспективным направлением является использование нового средства «СВ» (не имеющего ограничений по молоку) для сухих копытных ванн, разработанного в ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» для профилактики и лечения начальных стадий болезней дистального отдела конечностей крупного рогатого скота. Результаты изучения переносимости средства «СВ» на коровах при однократном и многократном его использовании свидетельствуют, что разработанное средство не оказывает нежелательного негативного влияния на клинический статус, продуктивность, гематологические, биохимические и патоморфологические показатели подопытных животных. Коровы хорошо переносили действие средства, снижения надоев и качества

молока, нарушений целостности кожных покровов и копытцевого рога, а также проявления каких-либо аллергических реакций не отмечали. Полученные результаты исследований подтверждают безопасность применения средства «СВ» для сухих ванн на практике в рекомендуемом режиме дозирования и перспективность широких производственных испытаний.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Разработка и внедрение безопасных, эффективных средств профилактики и лечения болезней дистального отдела конечностей крупного рогатого скота имеет важное ветеринарно-зоогигиеническое и экономическое значение [1-4] В настоящее время установлено участие сапрофитных и условно-патогенных микроорганизмов и их ассоциаций в возникновении и распространении инфекционных болезней пальцев и копытец у крупного рогатого скота [5-10]. При разработке и изучении лекарственного средства, целесообразность передачи нового средства в практику, а также возможные области его применения могут быть полностью выяснены только в результате количественной и качественной оценки разных сторон его фармако-токсикологических эффектов [11]. Обязательным этапом разработки лекарственного средства для ветеринарного применения является оценка его переносимости на целевых животных при однократном и многократном применении в повышенных дозах с целью выявления совокупности функциональных и/или морфологических нарушений, проявляющихся после длительного применения испытуемого средства и при его передозировке, а также возможного отдаленного действия. Среди разных половозрастных групп крупного рогатого скота коровы дойного стада, находящиеся в неблагополучных по массовым заболеваниям пальцев и копытец сельхозпредприятиях наиболее подвержены данным заболеваниям, поэтому их использование в качестве целевых животных, для изучения переносимости средства «СВ» для сухих копытных ванн является наиболее предпочтительным. В связи с этим, целью данной работы являлось изучение переносимости средства «СВ» для сухих копытных ванн на целевом виде животных (коровах) при однократном и многократном использовании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для изучения переносимости средства «СВ» было сформировано 3 группы коров второй-третьей лактации (две опытные и контрольная) с учетом их живой массы, продуктивности, даты отела. Для постановки опыта отбирали животных без признаков отклонений внешнего вида, но учитывалась возможность их зоотехнической выбраковки по причине низкой продуктивности. Животные находились в типовом 4-х рядном коровнике на 400 голов, без подстилки. Основные правила содержания и ухода соответствовали «Ветеринарным правилам содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации» № 622, утвержденных приказом Минсельхоза России от 21 октября 2020 года. Для кормления коров использовали корма собственного производства согласно нормам кормления для взрослого скота, принятого в сельхозпредприятии. Воду давали в волю. В каждой группе находилось не менее 5 коров черно-пестрой породы. Данные на каждое животное фиксировались в протоколе (вид, индивидуальный номер, начало и окончание эксперимента, фамилия, имя и отчество доярки и ответственного сотрудника, название, способ применения средства для копытных ванн). Для проведения копытных ванн использовали средство «СВ», изготовленное в ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической радиационной и биологической безопасности» (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»), представляющее собой сыпучий порошок серого цвета со светло-зеленым оттенком, расфасованный в бумажные крафт-пакеты по 25 кг. В состав нового комплексного лекарственного средства «СВ» для сухих копытных

ванн входят активно действующие вещества, обладающие выраженными фунгицидными, бактерицидными, адсорбционными и противовоспалительными свойствами (соли меди и цинка, поливиниловый спирт, бензолсульфохлорамид натрия, неорганические адсорбенты и др.).

Для проведения исследований порошок насыпали в пластиковые копытные ванны высотой 7-8 см (так чтобы порошок доходил до свода межкопытцевой щели) и подсыпали в дальнейшем по мере расхода средства. Ванны устанавливали на выходе из доильного зала, так чтобы каждая конечность гарантированно попадала в порошок с «СВ».

Опытных животных первой группы прогоняли через копытные ванны однократно, второй группы – многократно в течение 20 суток, два раза в день, утром и вечером. Контрольную (третью) группу через ванны не прогоняли.

В течение всего периода опыта вели ежедневное наблюдение за клиническим состоянием и поведением животных подопытных групп, до опыта, на третьи и 20 сутки опыта проводили контрольные взвешивания всех животных, определяли показатели температуры тела, пульса и дыхания, брали пробы крови из яремной вены утром, до кормления, для изучения гематологических (на анализаторе «Mythic 18 Vet» («OrpheeGeneva», Швейцария)) и биохимических показателей (на анализаторе Microlab 300 («Vital Scientific N.V.», Нидерланды)). Молочную продуктивность определяли в период проведения контрольных доек, отбирая пробы молока во время утренней дойки. Клинический осмотр коров проводили до и после прохождения коров опытных группы через копытные ванны. Регистрировали: активность, походку, возбудимость, агрессивность, внешний вид, состояние шерстяного покрова, состояние глаз (слезотечение, воспаление,), ушей (воспаление, цвет - бледность или покраснение, выделение секрета, чувствительность, подергивание), конечностей (цвет, отек), зубов (цвет, выпадение) и дыхание (число дыхательных движений в минуту), количество рубцовых сокращений, слюноотделение, мочеиспускание, экскрет (цвет, консистенция), молочную продуктивность (суточная лактация) и качество молока (жирность, соматические клетки).

В процессе клинических исследований был запланирован убой 2 коров, имеющих низкую продуктивность – № 5278 на 3 сутки после однократного проведения через ванну, и № 9854 – на 20 сутки исследования после многократного применение копытных ванн (в течение 20 суток) с целью последующего вскрытия и тщательного обследования на предмет установления возможного негативного действия «СВ» на внутренние органы (лимфатические узлы, сердце, полость рта, глотки, трахею, легкие с бронхами, пищевод, желудок, двенадцатиперстную кишку, тонкий и толстый отделы кишечника, печень, поджелудочную железу, селезенку, почки, мочевой пузырь, яичники, матку) и поражений тканей пальцев и копытцевого рога, поверхностей скелетно -мышечной и связочной системы локомоторного аппарата.

Для всех количественных данных вычисляли среднее арифметическое (M) и ошибку среднего значения (m). Вероятность различий средних показателей в группах определяли с использованием критерия t-критерия Стьюдента, различия считали достоверными при уровне значимости $p<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате ежедневных наблюдений за опытными и контрольными коровами, проводившихся в течение всего периода исследования, было установлено, что общее состояние и поведение животных соответствовало норме. При осмотре всех групп коров, согласно плану исследований, клинических изменений в общем состоянии и отклонений в их поведении не наблюдалось. Нарушений двигательной активности, пищевой возбудимости и водопотребления не отмечалось, коровы опытных групп потребляли корм и воду в тех же количествах, что и животные контрольной группы. Подопытные коровы не

проявляли признаков беспокойства или вялости, состояние шерстного покрова, копытец и видимых слизистых оболочек у всех животных было удовлетворительным и не изменялось в ходе эксперимента.

Клинических признаков интоксикации и побочного действия средства «СВ» на организм животных не наблюдали. Температура тела, пульс, дыхание, интенсивность рубцового сокращения на всем протяжении эксперимента оставались в пределах физиологических значений и не имели достоверных отличий в обеих группах (Таблица 1).

Таким образом, результаты изучения переносимости разработанного средства «СВ» в условиях производства свидетельствуют о равноценных изменениях динамики живой массы и основных физиологических показателей у коров при однократном и многократном его применении.

Таблица 1 – Динамика живой массы и основных физиологических показателей коров при применении средства «СВ» (n=5)

Группа	Сутки	Ж.М.	Т	П	Д	Р
1	фон	596,1±6,9	37,9±0,1	56,9±0,4	20,3±0,9	2,5±0,2
	3	596,5±7,2	38,0±0,2	54,3±0,8	19,4±0,8	2,4±0,2
	20	596,9±6,4	38,1±0,1	59,1±0,6	21,7±0,6	2,6±0,2
2	фон	590,5±5,4	38,4±0,1	61,2±0,9	21,7±0,7	2,6±0,3
	3	591,3±5,8	38,6±0,1	59,4±0,5	20,8±0,6	2,4±0,2
	20	591,8±5,3	38,0±0,2	56,8±0,6	19,1±0,7	2,3±0,2
3	фон	594,6±7,1	38,3±0,1	66,3±0,8	23,4±0,8	2,6±0,2
	3	594,1±7,4	38,6±0,2	68,2±0,5	24,3±0,3	2,7±0,3
	20	593,9±8,1	37,9±0,1	69,4±0,9	21,7±0,5	2,4±0,2

Примечание: Ж.М.- живая масса коров, кг, Т- ректальная температура тела животных, ºС; П- пульс, ударов в мин; Д- частота дыхания, дых. дв. в минуту; Р- количество сокращений рубца за 2 мин.

Таблица 2 – Морфологические показатели крови коров при однократном и многократном применении средства «СВ» (n=5)

Группа	Сутки	Эритроциты, $x10^{12}$/л	Гемоглобин, г/л	Гематокрит, %	Лейкоциты, $x10^{9}$/л	Тромбоциты, $x10^{9}$/л
Норма						
		5,6-8,6	80,0-120,0	19,0-36,0	6,5-10,0	384,0-620,0
1	фон	6,4±0,4	95,8±6,2	28,3±1,5	8,4±0,5	456,8±21,3
	3	6,8±0,3	105,6±5,9	29,1±1,2	8,7±0,4	438,9±18,7
	20	7,1±0,6	106,8±6,8	29,3±1,4	8,2±0,5	447,5±19,8
2	фон	5,8±0,2	98,2±5,3	31,4±1,6	7,9±0,3	510,7±25,6
	3	6,3±0,5	99,7±5,1	29,3±1,3	8,2±0,6	506,4±21,9
	20	6,5±0,3	95,4±4,7	30,6±1,5	8,5±0,4	514,8±22,7
3	фон	7,2±0,3	96,1±5,2	26,8±0,9	7,9±0,2	581,4±29,5
	3	7,0±0,4	100,7±5,8	25,4±1,2	7,6±0,3	564,3±26,7
	20	6,8±0,5	104,6±6,1	27,3±1,3	7,8±0,5	578,8±27,2

Статистически значимых отличий по динамике массы тела, температуре, пульсу, дыханию, интенсивности рубцового сокращения у коров за весь период ежедневного применения средства для сухих копытных ванн через 3 и 20 суток после однократного применения и на 20 сутки при многократном использовании соответственно у коров первой и второй групп в сравнении с показателями контрольной группы не установлено.

Результаты изучения морфологических показателей крови опытных животных до и после применения средства «СВ» представлены в таблице 2.

В результате исследований было установлено, что морфологические показатели периферической крови при однократном и многократном курсовом применении сухих копытных ванн не изменялись и достоверно не отличались от фоновых показателей крови коров опытных и контрольной групп и соответствовали физиологической норме, патологических сдвигов этих показателей не наблюдалось.

Большое значение при оценке физиологического состояния и здоровья коров отводится характеристике интенсивности их обмена веществ. Показатели обмена веществ могут повышать или понижать многие экзогенные и эндогенные факторы внешней среды, поэтому их особенно важно знать при изучении переносимости лекарственных средств. Результаты изучения биохимических показателей крови коров при применении средства «СВ» представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Биохимические показатели крови коров при применении «СВ» (n=5)

Показатели	Норма	Фон	Применение «СВ»	
			1 группа (3 сут)	2 группа (20 сут)
АСТ, Ед/л	45,3-110,2	84,7±3,1	85,2±2,9	83,1±3,7
АЛТ, Ед/л	6,9-35,3	27,4±1,4	28,2±1,6	28,9±1,2
ЩФ, Ед/л	20,0-200,0	121,7±6,1	118,9±5,2	122,1±4,9
Общий билирубин, мкмоль/л	1,8-10,0	5,3±0,3	5,6±0,2	4,9±0,4
Мочевина, мкмоль/л	2,8-8,8	4,6±0,2	4,9±0,3	4,4±0,1
Общий белок, г/л	61,6-82,2	71,8±2,6	73,4±3,2	74,6±2,8
Глюкоза, мкмоль/л	2,0-6,4	3,5±0,2	3,1±0,1	3,8±0,2
Холестерин, мкмоль/л	1,3-4,42	3,0±0,2	3,4±0,1	2,9±0,2
Креатинин, мкмоль/л	67-157	108,9±5,2	112,6±5,6	110,7±4,9

Результаты изучения биохимических показателей крови коров свидетельствуют, что однократное и многократное применение «СВ» с целью профилактики и лечения болезней пальцев и копытец не оказало существенного влияния на интенсивность обмена веществ опытных групп животных. У всех животных опытных и контрольной групп основные гематологические и биохимические показатели также находились в пределах референсных значений как до начала опыта, так и по завершению прохождения коров через копытные ванны.

Подводя итоги изучения переносимости разработанного средства, можно сде-

лать вывод, что при наружном применении, «СВ» не оказывает влияния на гематологические и биохимические показатели подопытных животных, также на протяжении всего периода эксперимента, до и после применения исследуемого средства, клинические показатели всех групп целевых животных находились в пределах физиологической нормы для данного вида и возраста животных.

По результатам контрольных доек, проводимых на ферме, снижения надоев и качественного состава молока (массовой доли жира, белка, плотности, кислотности) не отмечали.

Изучение макроскопической картины внутренних органов вынужденно убитых коров №№ 5278 (первая группа), 9854 (вторая группа) показало, что органы грудной и брюшной полости расположены правильно, скопление жидкости не наблюдается. Селезенка с гладкой капсулой не увеличена в объеме, вишнёво-коричневого цвета, края острые, на разрезе серо-красного цвета, соскоб умеренный. Печень имеет гладкую поверхность, не увеличена в размере, края острые, консистенция упругая, на разрезе темно-коричневого цвета. Слизистая оболочка желудка бледно-розового цвета. Содержимое кишечника (каждого из отделов) соответствует норме, слизистая оболочка тонкого и толстого отделов кишечника сероватого оттенка. Почки соответствуют норме, поверхность гладкая, равномерно окрашенная, с легко отделяемой капсулой.

При визуальном осмотре дистального отдела конечностей у коров после многократного применения копытных ванн отмечали снижение загрязненности навозом поверхности кожи пальцев и копытцевого рога. Копытца были чистыми, при пальпации, расчистке копытным ножом и исследовании пробными щипцами имели плотную консистенцию, без трещин и расседин. Нарушений целостности и расслоения копытцевого рога у подопытных животных не отмечали.

Результаты экспериментов по изучению переносимости средства «СВ», при однократном и многократном применении свидетельствуют, что его наружное применение в течение 20 дней не оказывает отрицательного влияния на общее состояние, поведение, динамику массы тела, жевательную активность, рубцовые сокращения, продуктивность и качество молока. Изменений в клинических, гематологических и биохимических показателях подопытных животных не зарегистрировано. Таким образом, применение средства «СВ» в форме гигроскопического порошка на коровах как однократно, так и в течение 20 дней является безопасным.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты изучения переносимости лекарственного средства «СВ», содержащего в своем составе активно действующие вещества, обладающие выраженными фунгицидными, бактерицидными, адсорбционными и противовоспалительными свойствами (соли меди и цинка, поливиниловый спирт, бензолсульфохлорамид натрия, неорганические адсорбенты и др.), свидетельствуют, что при его однократном и многократном применении на целевом виде животных (коровах) нежелательные негативные влияния на клинический статус, продуктивность, гематологические и биохимические показатели подопытных животных не установлены. Средство хорошо переносилось коровами, снижения надоев и качества молока, нарушения целостности и расслоения копытцевого рога, а также проявления каких-либо аллергических реакций не отмечали. Полученные результаты исследований подтверждают безопасность применения «СВ» на практике в рекомендуемом режиме дозирования. Использование разработанного средства в форме сухих копытных ванн с периодичностью 3-5 раз в неделю (в зависимости от количества больных), значительно снизит трудозатраты, развитие антибиотикорезистентности патогенных микроорганизмов и в комплексе с другими лечебно-профилактическими мероприятиями, будет способствовать увеличению рентабельности и срока хозяйственного ис-

пользования продуктивных животных.

ASSESSMENT OF TOLERANCE IN DAIRY COWS OF THE "SV" PRODUCT FOR DRY HOOF BATHS

Khuzin D.A. – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Disinfectants Sector (ORCID 0000-0002-2338-4997); **Tarasova E.Yu.** * – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Veterinary Sanitation (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Potekhina R.M.** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Veterinary Sanitation (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Yusupov S.A.** – Candidate of Veterinary Sciences, Researcher in the Disinfectants Sector (ORCID 0000-0002-1333-2974); **Lukina G.R.** – Junior Researcher, Laboratory of Veterinary Sanitation (ORCID 0009-0006-1007-3782); **Bykova P.V.** – Junior Researcher, Laboratory of Veterinary Sanitation (ORCID 0000-0003-3636-0633).

Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety

* evgenechka1885@gmail.com

ABSTRACT

The development and implementation of safe, effective means of preventing and treating diseases of the distal extremities of cattle has important veterinary, zoohygienic and economic significance. At present, the participation of saprophytic and opportunistic microorganisms and their associations in the occurrence and spread of infectious diseases of the fingers and hooves in cattle has been established. An important stage in conducting clinical trials of a new drug is studying the tolerability of its increased doses in all target species of animals for which it is intended according to the instructions. The physiological characteristics of cows associated with the birth of calves and milk production limit the range of effective medicines (antibiotics, NSAIDs, etc.) used for this category of productive animals, which creates certain difficulties in organizing therapeutic and preventive measures. In this regard, a promising direction is the use of a new product "SV" (without restrictions on milk) for dry hoof baths, developed at the Federal State Budgetary Institution "FCTRB -VNIVI" for the prevention and treatment of the initial stages of diseases of the distal limbs of cattle. The results of studying the tolerability of the "SV" product in cows with single and repeated use indicate that the developed product does not have an undesirable negative effect on the clinical status, productivity, hematological, biochemical and pathomorphological parameters of experimental animals. The cows tolerated the effect of the product well; there was no decrease in milk yield and quality of milk, damage to the integrity of the skin and hoof horn, or any allergic reactions. The research results obtained confirm the safety of using the "SV" product for dry baths in practice in the recommended dosage regimen and the prospects for extensive production tests.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воробьев, А. Л. Препарат для лечения некробактериоза крупного рогатого скота / А. Л. Воробьев, Н. Н. Воробьев, Г. М. Шилов // Эффективное животноводство. – 2021. – № 2(168). – С. 51-53. – DOI 10.24412/cl-33489-2021-2-51-53. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45416893

2. Комаров, В.Ю. Применение средства «ЭМС-Й ВИД А» для лечения и профилактики болезней копытец у коров / В.Ю. Комаров, К.С. Скребнева, С.В. Андреев // Вестник ОрелГАУ. – 2021. – №1 (88). – С. 152-158. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sredstva-ems-y-vid-a-dlya-lecheniya-i-profilaktiki-bolezney-kopytets-u-korov

3. Профилактика заболеваний копытец важно все: моцион, подстилка, расчистка и ножные ванны / Э. Веремей, В. Журба, В. Руколь [и др.] // Животноводство России. – 2019. – № S1. – С. 48-50. – DOI 10.25701/ZZR.2019.13.28.015. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39714058

4. Invited review: Prevalence, risk factors, treatment, and barriers to best practice adoption for lameness and injuries in dairy cattle:

A narrative review / S.M. Roche, D.L. Renaud, J. Saraceni [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2023. № 23. – P. 0022-0302. – DOI 10.3168/jds.2023-23870. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38101730/

5. Нехайчик, Ф. М. Коррозионная активность и пенообразующая способность нового дезинфицирующего препарата / Ф. М. Нехайчик, Д. Н. Мингалеев // Ветеринарный врач. – 2022. – № 1. – С. 26-30. – DOI 10.33632/1998-698X.2021-1-26-30. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48060758

6. Сайтханов, Э. О. Изучение частоты регистрации и характера патологии копытец в животноводческом хозяйстве с беспривязным содержанием / Э. О. Сайтханов, Д. С. Беседин, А. В. Рудная // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 3(39). – С. 62-67. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35721858

7. Лечение болезней копыт крупного рогатого скота некробактериозной этиологии / Ф. А. Бакиева, Қ. М. Шыныбаев, С. О. Кадыров [и др.] // Наука и образование. – 2022. – № 3-1(68). – С. 35-43. – DOI 10.56339/2305-9397-2022-3-1-35-43. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=53948283

8. Анализ рынка дезинфицирующих средств, используемых в отдельных животноводческих хозяйствах Приволжского федерального округа / Е. Ю. Тарасова, А. М. Тремасова, Д. А. Хузин [и др.] // Ветеринарный врач. – 2022. – № 3. – С. 58-66. – DOI 10.33632/1998-698X.2021_58_66. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48700867

9. Изучение антимикробной активности новых дезинфицирующих средств из группы четвертичных аммониевых соединений / Ф. М. Нехайчик, Д. Н. Мингалеев, Л. Е. Матросова [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2020. – Т. 244, № 4. – С. 134-138. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-244-4-134-138. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44300648

10. Роль сапрофитных и условно-патогенных микроорганизмов в возникновении и распространении оппортунистических инфекций крупного рогатого скота / Д. А. Хузин, С. А. Юсупов, А. И. Ерошин [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2022. – Т. 252, № 4. – С. 267-272. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_4_252_267. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49843434

11. Определение хронической токсичности профилактического средства "Цеапитокс" / К. В. Перфилова, Э. И. Семенов, Л. Е. Матросова [и др.] // Ветеринарный врач. – 2021. – № 4. – С. 50-57. – DOI 10.33632/1998-698X.2021-4-50-57. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47302478

REFERENCES

1. Vorobyov, A. L. Drug for the treatment of necrobacteriosis in cattle / A. L. Vorobyov, N. N. Vorobyov, G. M. Shilov // Effective animal husbandry. – 2021. – No. 2(168). – P. 51-53. – DOI 10.24412/cl-33489-2021-2-51-53. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45416893 (In Russ.)

2. Komarov, V.Yu. The use of “EMS-Y VID A” for the treatment and prevention of hoof diseases in cows / V.Yu. Komarov, K.S. Skrebneva, S.V. Andreev // Bulletin of OrelSAU. – 2021. – No. 1 (88). – P. 152-158. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sredstva-ems-y-vid-a-dlya-lecheniya-i-profilaktiki-bolezney-kopytets-u-korov (In Russ.)

3. Prevention of diseases of the claws Everything is important: exercise, bedding, trimming and foot baths / E. Veremey, V. Zhurba, V. Rukol [et al.] // Animal husbandry of Russia. – 2019. – No. S1. – P. 48-50. – DOI 10.25701/ZZR.2019.13.28.015. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39714058 (In Russ.)

4. Invited review: Prevalence, risk factors, treatment, and barriers to best practice adoption for lameness and injuries in dairy cattle: A narrative review / S.M. Roche, D.L. Re-

naud, J. Saraceni [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2023. № 23. – P. 0022-0302. – DOI 10.3168/jds.2023-23870. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38101730/
5. Nekhaychik, F. M. Corrosion activity and foaming ability of a new disinfectant / F. M. Nekhaychik, D. N. Mingaleev // The Veterinarian. – 2022. – No. 1. – P. 26-30. – DOI 10.33632/1998-698X.2021-1-26-30. Access mode: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48060758 (In Russ.)
6. Saikhanov, E. O. Study of the frequency of registration and the nature of hoof pathology in livestock farms with free-stall housing / E. O. Saikhanov, D. S. Besedin, A. V. Rudnaya // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after. P.A. Kostycheva. – 2018. – No. 3(39). – P. 62-67. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35721858 (In Russ.)
7. Treatment of diseases of the hooves of cattle of necrobacteriosis etiology / F. A. Bakieva, K. M. Shynybaev, S. O. Kadyrov [et al.] // Science and education. – 2022. – No. 3-1(68). – P. 35-43. – DOI 10.56339/2305-9397-2022-3-1-35-43. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=53948283 (In Russ.)
8. Analysis of the market for disinfectants used in individual livestock farms of the Volga Federal District / E. Yu. Tarasova, A. M. Tremasova, D. A. Khuzin [et al.] // The Veterinarian. – 2022. – No. 3. – P. 58-66. – DOI 10.33632/1998-698X.2021_58_66. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48700867 (In Russ.)
9. Study of the antimicrobial activity of new disinfectants from the group of quaternary ammonium compounds / F. M. Nekhaychik, D. N. Mingaleev, L. E. Matrosova [et al.] // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after. N.E. Bauman. – 2020. – Vol. 244, No. 4. – P. 134-138. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-244-4-134-138. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44300648 (In Russ.)
10. The role of saprophytic and opportunistic microorganisms in the occurrence and spread of opportunistic infections of cattle / D. A. Khuzin, S. A. Yusupov, A. I. Eroshin [et al.] // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after. N.E. Bauman. – 2022. – Vol. 252, No. 4. – P. 267-272. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_4_252_267. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49843434 (In Russ.)
11. Determination of the chronic toxicity of the prophylactic drug "Ceapitox" / K. V. Perfilova, E. I. Semenov, L. E. Matrosova [et al.] // The Veterinarian. – 2021. – No. 4. – P. 50-57. – DOI 10.33632/1998-698X.2021-4-50-57. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47302478 (In Russ.)

УДК: 619:[575.117.2:616-056.5]:636.4
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.135

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ПРОСТИМУЛ» НА ЕСТЕСТВЕННУЮ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ И УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ ПОРОСЯТ С ГИПОТРОФИЕЙ

Михайлов Е.В.[1,2]* – канд. ветеринар. наук, зав. отделом экспериментальной фармакологии и функционирования живых систем (ORCID 0000-0001-5457-1325); **Шутиков В.А.**[1] – ст. лаборант лаборатории инновационных препаратов и рекомбинантной протеомики (ORCID 0009-0004-2018-2662); **Шабунин Б.В.**[1] – ст. лаборант лаборатории доклинических исследований и моделирования биологических систем (ORCID 0000-0002-2234-3851)**; Степанов Е.М.**[1] – мл. науч. сотр. лаборатории инновационных препаратов и рекомбинантной протеомики (ORCID ID 0000-0002-5887-8284)**; Некрасов А.В.**[1] – ст. лаборант лаборатории доклинических исследований и моделирования биологических систем (ORCID ID 0000-0002-5957-1583); **Шапошникова Ю.В.** [2] **–** канд. ветеринар. наук, доц.(ORCID ID 0000-0002-8373-6544).

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии»
[2] ФГБОУ ВО «Воронежский Государственный аграрный университет им Петра I»

* voronezh81@rambler.ru

Ключевые слова: *поросята, гипотрофия, неспецифическая резистентность, экспрессия генов, кровь, реконмбинатный интерферон*
Key words: *piglets, hypotrophy, nonspecific resistance, gene expression, blood, recombinant interferon*

Финансирование. *Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00020, https://rscf.ru/project/23-26-00020/.*

Поступила: 27.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Проблема рождения поросят с гипотрофией в условиях современного промышленного свиноводства наносит большой экономический ущерб данной отрасли. В патогенезе гипотрофиии большое значение имеют различные формы иммунодефицита. В связи с этим ведется активный поиск эффективных препаратов для ветеринарного применения для борьбы с данной патологией. Одним из таких препаратов является «Простимул», который включает в себя сигнальный пептид первого типа, относящийся к группе цитокинов, а также витамины А, Е, С. В данной статье описаны исследования, проводимые на группе поросят-гипотрофиков, с целью определения влияния препарата на иммунологические показатели крови, а именно проводилась оценка ЛАСК, КАСК, общих ИГ, ЦИК, СТ, СП, ПР. «Простимул» группе поросят-гипотрофиков вводили двукратно, в первый и третий дни жизни в дозе 0,1 мл/кг массы тела. Отбор проб крови для исследования проводили на 1-

й, 7-й, 14-й и 21-й день. По результатам проведенного опыта было установлено, что двукратное применение препарата «Простимул» способствовало нормализации иммунных функций, что было уже видно на 7-е сутки эксперимента. Так, у поросят-гипотрофиков опытной группы и нормотрофиков показатели БАСК, ЛАСК, ЦИК и общие ИГ были идентичными. У поросят с гипотрофией, получавших лечение препаратом «Простимул», наблюдался значительный рост уровня экспрессии Ifn-α к 7 и 14 суткам – в 56,73 раза по сравнению с нормотрофиками. К 14 дню также отмечено увеличение уровня экспрессии Tgf-β, указывающее на активизацию иммунных процессов у поросят с гипотрофией. Интересно, что к 21 суткам наблюдалось снижение уровня экспрессии Ifn-α в 5,33 раза по сравнению с нормотрофиками после применения препарата «Простимул», что может свидетельствовать о снижении воспалительных процессов. Двухкратное применение препарата, по нашему мнению, стоит считать оптимальным вследствие его стабильного действия на всем протяжении опыта.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В условиях современного свиноводства основные силы направлены на увеличение сохранности молодняка. Современный технологический цикл предполагает отъем поросят в возрасте в 16-28 дней, при этом на этот период приходится наибольший процент отхода. По разным данным он составляет от 10 до 17 процентов [1]. По данным Кузьминой Т. Н., к основным причинами гибели поросят в данном периоде относятся задавливание, голодание, укусы, смерть от инфекций и врожденная гипотрофия [2]. Последний фактор вызывает особые опасения. Так, смертность поросят-гипотрофиков в подсосный период в условиях промышленного свиноводческого комплекса составляет 11,73% от общего числа падежа [2]. У поросят-гипотрофиков при рождении отмечено нарушение внутриутробного развития, проявляющееся недостатком массы, малой длиной тела, непропорциональным развитием, морфологическим недоразвитием костей, печени, сердца, легких, почек и всего тела [3,4]. Именно поэтому современные исследования направлены как на профилактику гипотрофии во внутриутробный период, так и на лечение гипотрофии поросят.

Профилактика гипотрофии поросят в основном включает в себя разработку мер по поддержанию здоровья супоросных свиноматок. Основным направлением является полноценное и сбалансированное кормление свиней на всех этапах супоросности, а также создание нужного микроклимата. Для опоросов необходимо подготовить помещение и регулярно поддерживать в нем температуру 28–30 °С впервые 10 дней жизни. Также современные исследования направлены на разработку мер поддержания здоровья поросят -гипотрофиков с помощью комплексных препаратов [5].

TGF-β вносит большой вклад в поддержание иммунного гомеостаза и толерантности посредством регулирования дифференцировки, пролиферации и активности множественных линий лейкоцитов , а также ингибирования продукции и сигнализации эффекторных цитокинов в Smad-зависимых и Smad-независимых механизмах (сигнальные пути TGF-β) [6]. IFN-α играет устойчивую роль в гомеостатической регуляции воспалительного/стрессового ответа, что не противоречит его функциям во врожденной иммунной системе. Такая роль физиологического регулятора подразумевает участие IFN-α в очень сложных, непрерывно действующих гомеостатических цепях как в условиях здоровья, так и в условиях болезни. Также IFN-α выступает как гомеостатический агент в воспалительном ответе, в результате чего при низких концентрациях в тканях он может определять существенный баланс между опасностью и воспалительным ответом на поздних стадиях микробных инфекций [7].

По данным ученых эффективными для лечения гипотрофии препаратами являются препарат «Седимин», содержащий

железо, йод и селен [8]. По результатам исследований Михайлова также показал высокую эффективность комплексного препарата «Селедант» для повышения иммунного статуса поросят.

Одним из современных комплексных препаратов является «Простимул» [9]. В его составе содержится видоспецифичный рекомбинантный цитокин и комплекс витаминов А, С, и Е [10]. Исследования Шахова А. Г. показали высокую эффективность данного препарата для коррекции иммунодефицитов и окислительного стресса [7,13,14].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В опыт подобраны свиноматки 3-4 опороса и полученный от них приплод. На начальном этапе эксперимента, полученные во время опороса поросята проходили клинический осмотр и взвешивание. Не достигшие 800 гр. животные учтены как поросята – гипотрофики (n=10), животные свыше 800 гр.- соответственно нормотрофики (n=10).

Первая группа - поросята нормотрофики – (n=10), служила контролем. Вторая группа - поросята – гипотрофики (n=10) являлась опытной. Данной группе парентерально вводили рекомбинантный видоспецифичный цитокин «Простимул» двукратно, в первый и третий дни жизни в дозе 0,1 мл/кг. массы тела.

В возрасте 1, 7, 14, дней и за 2 дня до отъема, была отобрана кровь для проведения иммунологических исследований.

Для исследования экспрессии генов использовались образцы крови. РНК выделяли с помощью набора «РНК-Экстран» (Синтол, Россия) в соответствии с утвержденной инструкцией. Обратную транскрипцию проводили при помощи набора MMLV RT («Евроген», Россия) согласно протоколу, включенному в набор. Для ПЦР использовался прибор DTlite 4S1 («ДНК-Технология», Россия) с коммерчески доступной смесью для ПЦР 5X qPCRmix-HS SYBR (Евроген, Россия). В качестве прямых и обратных праймеров применялись референсный *Sus* β-actin F: CACGCCATCCTGCGTCTGGA и *Sus* β-actin R: AGCACCGTGTTGGCGTAGAG, *Sus* TGF-β F: CGCATCGAGGCCATTCGCGGCCAGATTC и *Sus* TGF-β R: TCAGCCACTGCCGCACAACTCCGGTGAC, а также *Sus* IFN-α F: ACTTCCACAGACTCACCCTCTATC и *Sus* IFN-α R: ATGACTTCTGCCCTGATTGATCT. Для анализа экспрессии изучаемых генов использовалась панель специфических праймеров, направленных на исследование уровня экспрессии генов, ответственных за иммунитет.

Из показателей естественной резистентности проводили оценку лизоцимной активности сыворотки крови (ЛАСК), комплиментарной активность сыворотки крови (КАСК), общих иммуноглобулинов, циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК). Определяли в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке и коррекции неспецифической резистентности животных» [11].

Для проведения спонтанного теста с НСТ (нитросиний тетразолий) использовали образцы крови, согласно общей принятой методики производили фиксацию и окраску мазков, далее проводили электронную микроскопию и подсчет (СТ, СП, ПР) для характеристики механизма бактерицидности фагоцитов (гранулоцитов) крови in vitro [12].

Для статистической обработки использовался MS Office Excel 2013 с пакетом для анализа данных. Статистическую обработку результатов проводили по Стьюденту.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При исследовании иммунологических показателей крови (таблица 1) у поросят исследуемых групп до приема молозива было отмечено, что ЛАСК, являющийся показателем естественной резистентности животных [13], у нормотрофиков было выше на 30,83% ($p \leq 0,05$), чем у гипотрофиков. Концентрация общих иммуноглобулинов, которая отображает степень противомикробной защиты организма животного [14], у поросят-нормотрофиков была выше на 15,38%

(p≤0,05), чем у гипотрофиков. КАСК, являющаяся объективным показателем иммунологической реактивности организма, а так же принимающая активное участие в защите организма от инфекции [15], и ЦИК, иммунные комплексы, повышение содержания которых указывает на отложение их в тканях и развитие воспалительного процесса вместе их отложения, в исследуемых группах не имели различий при p≤0,05.

При исследовании иммунологических показателей крови поросят обеих групп на 7 день исследований было отмечено, что такие показатели как ЛАСК, КАСК, общие иммуноглобулины, а так же ЦИК не имели достоверных различий между группами. На 14 день исследования было отмечено снижение иммунологических показателей у поросят-гипотрофиков, а именно ЛАСК и ЦИК у поросят-нормотрофиков были выше на 39,13% и 87,50% (p≤0,05), соответственно, но показатель КАСК при этом оставался выше у поросят-гипотрофиков на 11,20% (p≤0,05).

Перед отъемом такие показатели как ЛАСК и ЦИК между исследуемыми группами поросят не имели различий при p≤0,05. Стоит отметить, что показатели КАСК и общих ИГ в группе поросят-гипотрофиков были на 27,39% (p≤0,05) и 12,54% выше, чем в группе поросят-нормотрофиков. Полученные результаты указывают на эффективное и продолжительное иммуностимулирующее действие препарата «Простимул» на организм поросят с гипотрофией вплоть до отъема.

Таблица 1 - Показатели неспецифической резистентности поросят

Группа	ЛАСК, мкг/мл	КАСК, %	Общие ИГ, мг/мл	ЦИК, мг/мл
1 день				
Поросята-нормотрофики	1,57±0,09*	4,88±0,20	3,0±0,33*	0,16±0,03
Поросята - гипотрофики	1,20±0,21*	4,73±0,08	2,06±0,37*	0,16±0,02
7 день				
Контрольная	2,13±0,14	8,95±0,54	30,40±1,82	0,29±0,03
Опытная	2,27±0,21	9,48±0,57	29,93±1,70	0,32±0,05
14 день				
Контрольная	1,92±0,34	10,80±0,62*	26,82±2,80	0,30±0,05*
Опытная	1,38±0,23	12,01±0,35*	24,57±0,76	0,16±0,03*
21 день				
Контрольная	2,30±0,12*	8,87±0,64*	15,39±0,49	0,24±0,05*
Опытная	2,23±0,11*	11,30±0,80*	17,32±2,39	0,22±0,04*

*Примечание: M±SE (среднее арифметическое ± стандартная ошибка); статистически значимые различия при * p≤0,05 относительно контрольной группы.*

Важной частью проводимых нами исследований была оценка спонтанного, стимулированного и прямого теста восстановления нитросинего тетразолия (НСТ-тест). Сущность данной пробы состоит в том, что она способна выявить наличие «метаболического взрыва», который возникает в нейтрофилах в процессе фагоцитоза [15]. При тяжелых и длительно протекающих заболевания процент НСТ—позитивных нейтрофилов увеличивается, что и было отмечено у поросят с гипотрофией относительно здоровых поросят до приема молозива. Так, СП был выше на 47,05% (p≤0,05). Снижение результатов НСТ-тестов у поросят с гипотрофией относительно здоровых животных так же может указывать на наличие активной формы воспаления [16].

Благоприятным прогностическим

признаком является снижение количества НСТ-позитивных нейтрофилов, что и было отмечено в динамике, начиная с 7-го дня. СП у поросят-гипотрофиков снизился на 3,30% ($p \leq 0,05$), СТ – на 10,81 %, ПР – на 8,37 % ($p \leq 0,05$) относительно результатов, полученных в первый день у данной группы. Что касаемо группы поросят-нормотрофиков, что в ней тоже происходит плавное снижение показателей НСТ-тестов (таблица 2).

При оценке результатов НСТ-тестов в исследуемых группах поросят перед отъемом значимых различий в СП, СТ и ПР не было выявлено. Стоит отметить, что в группе поросят-гипотрофиков, которым вводили препарат «Простимул» результаты приводимых НСТ-тестов снизились относительно первого дня, а именно СП – на 66,66%, СТ – на 69,65%, ПР – на 5,07%, что говорит об адекватности выбранной нами схемы терапии различных иммунодефицитных состояний, возникающих на фоне антенатальной гипотрофии, а так же указывает на снижение интоксикации организма вредными продуктами обмена и снижение степени тяжести течения заболевания (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели неспецифической резистентности поросят

Группа	СП, %	СТ, %	ПР
1 день			
Поросята-нормотрофики	17,00±3,07*	46,60±2,44	3,11±0,22*
Поросята-гипотрофики	25,00±2,49*	49,20±2,73	2,07±0,06*
7 день			
Контрольная	16,00±1,67*	40,00±2,76	2,55±0,14*
Опытная	24,20±2,20*	44,40±1,60	1,91±0,21*
14 день			
Контрольная	16,00±1,15	39,33±3,33	2,47±0,41
Опытная	13,60±1,17	36,80±1,02	2,78±0,24
21 день			
Контрольная	15,00±1,73	28,67±1,76	1,97±0,27
Опытная	15,00±1,00	29,00±5,00	1,97±0,47

*Примечание: M±SE (среднее арифметическое ± стандартная ошибка); статистически значимые различия при * $p \leq 0,05$ относительно первой группы.*

Видно, что с течением времени СТ постепенно снижается в интервале 50% - 30%. При этом СП у поросят-нормотрофиков практически остается неизменным в течение опыта. У поросят-гипотрофиков, которым применяли препарат «Простимул», данный показатель через 7 дней резко снизился на 16,08%. Далее на 14-е сутки уже у гипотрофиков, получавших препарат «Простимул» СП снизился на 13,60% (таблица 2)

По данным В.А. Прокулевича препарат «Простимул» содержит в своем составе комплекс витаминов А, С и Е, а также рекомбинантный интерферон 1 типа. Препараты, содержащие комбинацию вита-

минного комплекса и интерферонов [16]. Используются с целью профилактики гиповитаминозов и заболеваний, развивающихся на их фоне. А также как иммуномодуляторы при иммунодефицитных состояниях животных. Ранние исследования препарата «Простимул» показали его положительный эффект на иммунный статус и сохранность молодняка поросят. Так, Стребкова В.В. показала, что применение препарата «Простимул» новорожденным поросятам при колибактериозе способствовало купированию воспалительного процесса, что проявлялось в снижении уровня экспрессии интерлейкина 1-бета, уменьшении количества лейкоцитов в крови, а также снижении показателей интоксикации [17]. Шахов А. Г. также показал, что использование препарата «Простимул» отставшим в росте поросятам способствовало увеличению среднесуточных привесов, сохранности поросят, а также повышению фагоцитарного числа, фагоцитарного индекса и концентрации глобулинов [18]. В другом исследовании Шахов А. Г. показал, что при оценке интерфероносодержащих препаратов у поросят в ранний постнатальный период было отмечено, что препараты «Простимул» и «Биферон С» способствуют улучшению клеточного и гуморального иммунитета, проявляющемуся увеличением содержания лейкоцитов, моноцитов, адаптационных возможностей организма и снижением стресс-реакции [19]. Полученные нами данные соотносятся с результатами ранее выполненных работ, что позволяет сделать вывод, что препарат «Простимул» является перспективным средством для повышения иммунных функций у поросят-гипотрофиков.

В ходе выполнения анализа уровня экспрессии генов у поросят-нормотрофиков и поросят с гипотрофией были получены следующие данные (рисунок 1-8).

До приема молозива в крови новорожденных поросят-гипотрофиков уровень экспрессии гена *Tgf-β*, не проявлял значимых различий с группой поросят-нормотрофиков (рис.1). Продукты гена трансформирующего фактора роста (TGF -β) отвечают за рост и дифференциацию клеток, а также за модуляцию работы других факторов роста, в частности фактора некроза опухоли альфа (TNF-α), который регулирует воспалительные ответы организма.

Тем временем уровень экспрессии гена IFN-α у поросят-нормотрофиков был выше в 4,16 раза ($p \leq 0,05$), по сравнению с поросятами - гипотрофиками. Это может быть связано с реакцией иммунитета и активацией Т-клеток путем индукции костимулирующих молекул в антиген-презентирующих клетках Лангерганса [20].

Высокий уровень экспрессии гена IFN-α у нормортрофиков по всей видимости представляет собой важный аспект в исследовании иммунной системы, так как

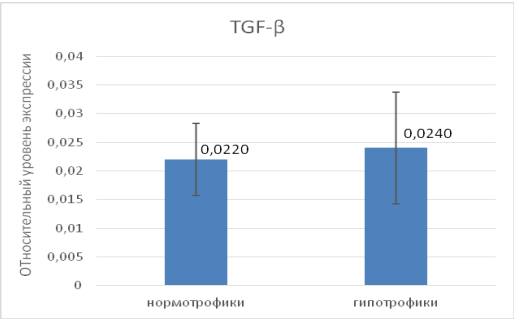


Рисунок 1 – Уровень экспрессии гена Tgf-в.

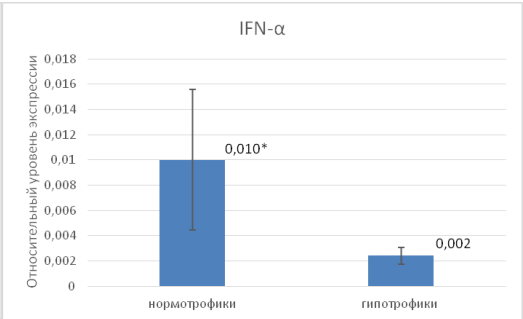


Рисунок 2 – Уровень экспрессии гена Ifn -α $p \leq 0,05$. $p \leq 0,05$относительно поросят гипотрофиков.

данный интреферон является ключевым медиатором, активирующим защитные механизмы макроорганизма (рисунок 2).

Далее согласно схеме опыта, у поросят с гипотрофией была начата терапия интерферонсодержащим препаратом «Простимул». К 7 суткам опыта уровень экспрессии гена цитокина IFN-α возрос в группе с препаратом «Простимул» в 56,73 раза относительно нормотрофиков (рисунок 3). Так как данный цитокин является важным элементом в противовирусных реакциях, можно предположить, что у гипотрофиков активировался каскад иммунных реакций защиты от вирусных патогенов [20].

На 14 сутки опыта наблюдалось кратное возрастание активности гена цитокина TGF-β— по сравнению с данными у нормотрофиков в 207,45 раза (рисунок 4).

Также произошел рост уровня экспрессии гена Ifn-α у гипотрофиков и 73,73 раза по сравнению с контролем (рисунок 5).

К 21 суткам опыта у гипотрофиков с терапией Простимулом наблюдалось снижение уровня экспрессии гена Ifn-α по сравнению с нормотрофиками в 5,33 (рисунок 6). Это сравнение может указывать на постепенное снижение активности иммунного ответа у гипотрофиков в референсных пределах. Это обусловлено содержанием в качестве действующих веществ рекомбинантных свиных альфа- и бета-интерферонов и витаминов А, Е и С в оптимальном соотношении. Ведь гипотрофия, как фактор стресса для организма, может стимулировать продукцию IFN-α в ответ на потенциальную вирусную угрозу.

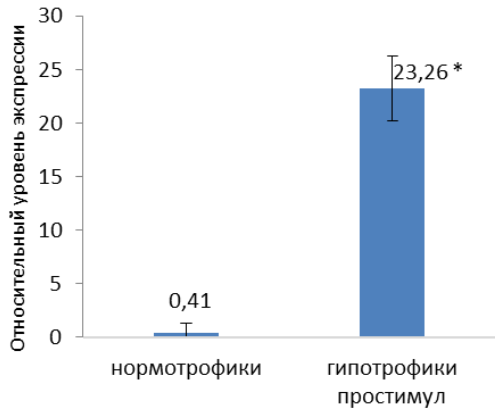


Рисунок 3 – Уровень экспрессии гена Ifn-α на 7 сутки опыта.
** - различия между гипотрофиками и нормотрофиками достоверны (p<0,05).*

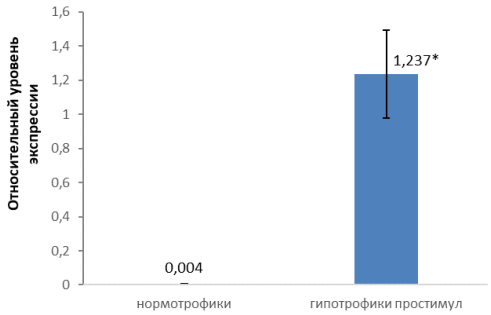


Рисунок 4 – Уровень экспрессии гена Tgf-β на 14 сутки опыта
** - различия между гипотрофиками и нормотрофиками достоверны (p<0,05).*

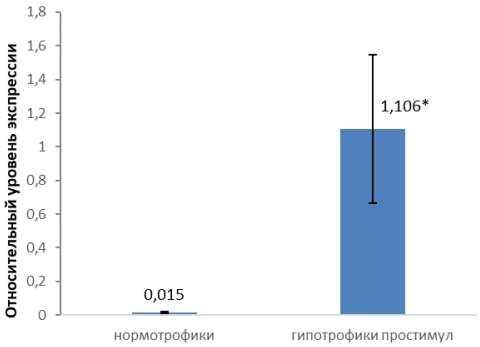


Рисунок 5 – Уровень экспрессии гена Ifn-α на 14 сутки опыта
** - различия между гипотрофиками и нормотрофиками достоверны (p<0,05).*

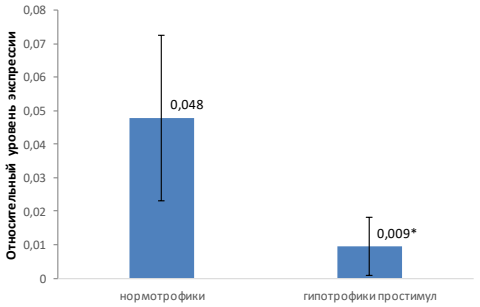


Рисунок 6 – Уровень экспрессии гена Ifn-α на 21 сутки опыта
** - различия между гипотрофиками и нормотрофиками достоверны (p<0,05).*

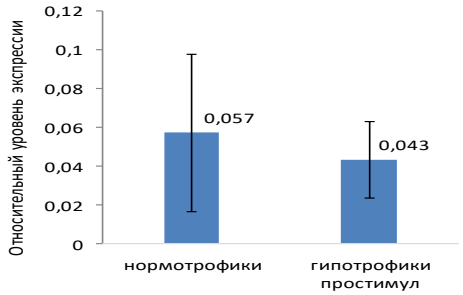


Рисунок 7 – Уровень экспрессии гена Tgf-β на 21 сутки опыта.

У цитокина TGF-β наблюдалась тенденция к снижению уровня экспрессии, но разница не представляла статистической значимости (рисунок 7).

Полученные результаты уровня экспрессии генов цитокинов *Tgf-β и Ifn-α у* поросят-нормотрофиков и гипотрофиков указывают на снижение уровня экспрессии генов у гипотрофиков относительно нормотрофиков, на наш взгляд это может быть связано с реакцией иммунного гомеостаза на фоне гипотрофии, однако применения комплексного препарата рекомбинантного интерферона «Простимул» способствовало активизации данных генов, что указывает на индицирование иммунной системы. Полученные экспериментальные данные требуют дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенные исследования показывают, что препарат «Простимул», содержащий интерферон 1 типа и комплекс витаминов А, Е и С является перспективным средством терапии иммунодефицитных состояний, возникающих на фоне гипотрофии у новорожденных поросят, которые по результатам исследования крови до применения препарата характеризовались более низкими показателями есте-

ственной резистентности по сравнению с поросятами нормотрофиками. Двукратное применение препарата способствовало нормализации иммунных функций, что было видно на 7-е сутки эксперимента. Так, у поросят-гипотрофиков опытной группы и нормотрофиков показатели БАСК, ЛАСК, ЦИК и общие ИГ были идентичными. У поросят с гипотрофией, получавших препарат "Простимул", наблюдался значительный рост уровня экспрессии Ifn-α к 7 и 14 суткам - на 56,73% по сравнению с нормотрофиками. К 14 суткам также отмечено увеличение уровня экспрессии Tgf-β, что свидетельствует об активизации иммунных процессов у поросят с гипотрофией. Однако к 21 суткам применение препарата "Простимул" привело к существенному снижению уровня экспрессии Ifn-α в 5,33 раза по сравнению с нормотрофиками, что указывает на уменьшение воспалительных процессов. Эффект применения держался на всем протяжении опыта, поэтому двукратное применение препарата «Простимул», по нашему мнению, является оптимальным.

THE EFFECT OF THE DRUG "PROSTIMUL" ON THE NATURAL RESISTANCE AND GENE EXPRESSION LEVEL OF PIGLETS WITH HYPOTROPHY

Mikhailov E.V.[1,2]* – Ph.D., Head of the Department of Experimental Pharmacology and Functioning of Living Systems (ORCID ID 0000-0001-5457-1325); **Shutikov V.A.**[1] – Senior laboratory assistant at the Laboratory of Innovative Drugs and Recombinant Proteomics (ORCID ID 0009-0004-2018-2662); **Shabunin B.V.**[1] – Senior laboratory assistant at the Laboratory of Innovative Drugs and Recombinant Proteomics (ORCID ID 0000-0002-2234-3851); **Stepanov E.M.**[1] – Junior Researcher at the Laboratory of Innovative Drugs and Recombinant Proteomics; **Nekrasov A.V.**[1] - Senior laboratory assistant at the Laboratory of Innovative Drugs and recombinant Proteomics (ORCID ID 0000-0002-5957-1582); **Shaposhnikova Yu.V.** [2] – PhD, Associate Professor (ORCID ID 0000-0002-8373-6544).

[1]All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy

[2]Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great

Financing: *The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 23-26-00020, https://rscf.ru/project/23-26-00020 /.*

ABSTRACT

The problem of the birth of piglets with hypotrophy in the conditions of modern industrial pig farming causes great economic damage to this industry. Various forms of immunodeficiency are of great importance in the pathogenesis of hypotrophy. In this regard, an active search is underway for effective drugs for veterinary use to combat this pathology. One of these drugs is "Prostimul", which includes a signal peptide of the first type belonging to the cytokine group, as well as vitamins A, E, C. This article describes studies conducted on a group of hypotrophic piglets in order to determine the effect of the drug on immunological blood parameters, namely, an assessment of weasels, helmets, general IG, CEC, CT, SP, ETC. "Prostimuli" were administered twice to a group of hypotrophic piglets, on the first and third days of life in a dose 0.1 ml/kg of body weight. Blood samples for the study were taken on the 1st, 7th, 14th and 21st days. According to the results of the experiment, it was found that the double use of the drug "Stimul" contributed to the normalization of immune functions, which was already visible on the 7th day of the experiment. Thus, in hypotrophic piglets of the experimental group and normotrophics, the indicators of BASK, WEASEL, CEC and general IG were identical. In piglets with hypotrophy treated with the drug "Prostimul", there was a significant increase in the level of Ifn-α expression by days 7 and 14 – by 56.73 times compared with normotrophics. By day 14, an increase in the level of Tgf-β expression was also noted, indicating activation of

immune processes in piglets with hypotrophy. Interestingly, by day 21, there was a decrease in the level of Ifn-α expression by 5.33 times compared with normotrophics after using the drug "Prostimul", which may indicate a decrease in inflammatory processes. Two-time use of the drug, in our opinion, should be considered optimal due to its stable effect throughout the experiment.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Семенов С. В. Технологические циклы производства свинины // Приоритетные научные направления: от теории к практике. 2013. №8.
2.Кузьмина Т.Н. Как повысить сохранность новорожденных поросят? // Эффективное животноводство. 2018. №3 (142).
3.Михайлов Е. В. Морфофункциональное состояние органов лимфоидной системы у поросят при иммунодефиците и его фармакокоррекции селедантом // Воронеж. -2007.-25 с. – 2006.
4.Шахов А. Г., Сашнина Л. Ю., Владимирова Ю. Ю. Влияние интерферонсодержащих препаратов на гематологическое звено иммунитета у поросят в ранний постнатальный период //Ветеринарный фармакологический вестник. – 2022. – №. 1. – С. 18.
5.Демидович, А. П. Гипотрофия у поросят: антенатальная и постнатальная диагностика, профилактика в условиях промышленных комплексов: специальность 06.02.01 "Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / А. П. Демидович. – Витебск, 2006. – 20 с.
6.Ye Wang, Yihui Chen, Ge Liang, Kai Zeng, Xiao-hui Chen, San-cheng Ying, Zezhou Wang, Xue-Bin Lv, Rong Gao, Silence of TGF-β1 gene expression reduces prrsv replication and potentiates immunity of immune cells of tibetan pig, Veterinary and Animal Science, Volume 8, 2019, 100074, ISSN 2451-943X, https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100074.
7.Massimo Amadori, Antonio Cristiano, Maura Ferrari, Constitutive expression of interferons in swine leukocytes, Research in Veterinary Science, Volume 88, Issue 1, 2010, Pages 64-71, ISSN 0034-5288, https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2009.05.011.
8.Демидовим А. Лечение поросят с врожденной гипотрофией. // Свиноводство. DOI: 10.25701/ZZR.2019.71.46.019.
9.Стребкова В. В. и др. Влияние видоспецифичного препарата" Простимул" на уровень экспрессии гена IL-1 новорожденных поросят, больных колибактериозом. – 2023.
10.Прокулевич, В. А. Ветеринарные препараты на основе интерферона / В. А. Прокулевич, М. И. Потапович // Вестник БГУ. Серия 2. – 2011. – № 3. – С. 51–54.
11.Применение препарата "Простимул" для коррекции иммунного статуса поросят при технологическом стрессе / А. Г. Шахов, Л. Ю. Сашнина, К. В. Тараканова [и др.] // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2021. – Т. 57, № 3. – С. 44-49. – DOI 10.52368/2078-0109-2021-57-3-44-49. – EDN ANFKLV.
12.Шахов А. Г. и др. Применение препарата" Простимул" для коррекции иммунного статуса поросят при технологическом стрессе. – 2021.
13.Морозова Екатерина Владимировна Динамика показателей естественной резистентности у лактирующих коров с разными уровнями молочной продуктивности и их потомства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. №2.
14.Шахов А. Г., Сашнина Л. Ю., Владимирова Ю. Ю. Влияние интерферонсодержащих препаратов на гематологическое звено иммунитета у поросят в ранний постнатальный период //Ветеринарный фармакологический вестник. – 2022. – №. 1. – С. 18.
15.Методические рекомендации по оценке и коррекции неспецифической резистентности животных / А.Г. Шахов [и др.], ГНУ ВНИВИПФиТ, Воронеж, 2005. - 64 с.
16.Кишкун А. А. Руководство по лабораторным методам диагностики: для врачей

и фельдшеров, оказывающих первую мед. -санитар. помощь. – Гэотар-медиа, 2009.
17.Стасенкова Ю.В. Динамика общих иммуноглобулинов в крови симментальских коров разного генетического происхождения // Вестник техносферной безопасности и сельского развития. 2016. №1 (9).
18.Зотова А. Б., Музыченко Л. М., Дамдинов Б. Ц., Шмачкова Н. В., Цырендоржиев Д. Д. Влияние противовоспалительных препаратов на реактивность нейтрофилов крови при бронхиальной астме на фоне ожирения // Сибирский научный медицинский журнал. 2004. №4.
19.Шевляева М. А., Карипиди Г. К., Авакимян С. В., Зарубин В. А., Проскуряков И. Г. Диагностическое и прогностическое значение НСТ-теста при различных формах острого панкреатита // Кубанский научный медицинский вестник. 2010. №9.
20.Yongming Sang Differential expression and activity of the porcine type I interferon family / Sang Yongming, R.R. Raymond, A. Richard Hesse [et. al] // Physiol Genomics. – №42. – P. 248–258. – 2010.

REFERENCES

1.Semenov S. V. Technological cycles of pork production // Priority scientific directions: from theory to practice. 2013. №8.
2.Kuzmina T.N. How to improve the safety of newborn piglets? // Efficient animal husbandry. 2018. №3 (142).
3.Mikhailov E. V. Morphofunctional state of organs of the lymphoid system in piglets with immunodeficiency and its pharmacocorrection with seledant //Voronezh. -2007.- 25 p. – 2006.
4.Shakhov A. G., Sashnina L. Yu., Vladimirova Yu. Yu. The effect of interferon-containing drugs on the hematological link of immunity in piglets in the early postnatal period //Veterinary Pharmacological Bulletin. – 2022. – №. 1. – P. 18.
5.Demidovich, A. P. Hypotrophy in piglets: antenatal and postnatal diagnostics, prevention in industrial complexes: specialty 06.02.01 "Diagnosis of diseases and therapy of animals, pathology, oncology and morphology of animals»: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Veterinary Sciences / A. P. Demidovich. – Vitebsk, 2006. – 20 p.
6.Ye Wang, Yihui Chen, Ge Liang, Kai Zeng, Xiao-hui Chen, San-cheng Ying, Zezhou Wang, Xue-Bin Lv, Rong Gao, Silence of TGF-β1 gene expression reduces prrsv replication and potentiates immunity of immune cells of tibetan pig, Veterinary and Animal Science, Volume 8, 2019, 100074, ISSN 2451-943X, https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100074.
7.Massimo Amadori, Antonio Cristiano, Maura Ferrari, Constitutive expression of interferons in swine leukocytes, Research in Veterinary Science, Volume 88, Issue 1, 2010, Pages 64-71, ISSN 0034-5288, https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2009.05.011.
8.Demidovim A. Treatment of piglets with congenital hypotrophy. // Pig farming. DOI: 10.25701/ZZR.2019.71.46.019.
9.Strebkova V. V. et al. The effect of the species-specific drug "Stimul" on the expression level of the IL-1 gene in newborn piglets with colibacteriosis. – 2023.
10.Prokulevich, V. A. Veterinary drugs based on interferon / V. A. Prokulevich, M. I. Potapovich // Bulletin of the BSU. Series 2. – 2011. – № 3. – Pp. 51-54.
11.The use of the drug "Stimul" to correct the immune status of piglets under technological stress / A. G. Shakhov, L. Y. Sashnina, K. V. Tarakanova [et al.] // Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. – 2021. – vol. 57, No. 3. – pp. 44-49. – DOI 10.52368/2078-0109-2021-57-3-44-49. – EDN ANFKLV.
12.Shakhov A. G. et al. The use of the drug "Stimul" to correct the immune status of piglets under technological stress. – 2021.
13.Morozova Ekaterina Vladimirovna Dynamics of indicators of natural resistance in lactating cows with different levels of milk productivity and their offspring // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2011. №2.
14. Shakhov A. G., Sashnina L. Yu., Vladimirova Yu. Yu. The effect of interferon-containing drugs on the hematological link of immunity in piglets in the early postnatal

period //Veterinary Pharmacological Bulletin. – 2022. – №. 1. – P. 18.
15.Methodological recommendations for the assessment and correction of nonspecific resistance of animals / A.G. Shakhov [et al.], GNU VNIVIPFiT, Voronezh, 2005. - 64 p.
16.Kishkun A. A. Guide to laboratory diagnostic methods: for doctors and paramedics providing first aid. help. – Geotar Media, 2009.
17.Stasenkova Yu.V. Dynamics of total immunoglobulins in the blood of Simmental cows of different genetic origin // Bulletin of Technosphere Security and Rural Development. 2016. №1 (9).
18.Zotova A. B., Muzychenko L. M., Damdinov B. C., Shmachkova N. V., Tsyrendorzhiev D. D. The effect of anti-inflammatory drugs on the reactivity of blood neutrophils in bronchial asthma against the background of obesity // Siberian Scientific Medical Journal. 2004. №4.
19.Shevlyaeva M. A., Karipidi G. K., Avakimyan S. V., Zarubin V. A., Proskuryakov I. G. Diagnostic and prognostic value of the NST test in various forms of acute pancreatitis // Kuban scientific medical bulletin. 2010. №9.
20.Yongming Sang Differential expression and activity of the porcine type I interferon family / Sang Yongming, R.R. Raymond, A. Richard Hesse [et. al] // Physiol Genomics. – №42. – P. 248–258. – 2010.

УДК 619:618.1:612.4:615.032
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.147

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТА ПРОГЕСТАМАГ® ПРИ КОРРЕКЦИИ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ У КОРОВ И ТЕЛОК

Николаев С.В.* – канд. ветеринар. наук, науч. сотр. (ORCID 0000-0001-5485-4616).

Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского
Коми научного центра УрО РАН

* semen.nikolaev.90@mail.ru

Ключевые слова: *крупный рогатый скот, прогестерон, Прогестамаг®, синхронизация половой цикличности, оплодотворяемость.*

Keywords: *cattle, progesterone, Progestamag®, synchronization of sexual cycles, fertilization.*

Поступила: 06.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Целью исследований являлась оценка эффективности применения различных доз препарата Прогестамаг® включенного в протокол «Co-Synch», а также при терапии гипофункции яичников. Экспериментальная работа выполнена в условиях Республики Коми на животных айрширской породы. Для синхронизации были отобраны коровы и телки, проявляющие половую цикличность, с присутствующими на яичниках желтыми телами. Действенность препарата Прогестамаг® в схеме «Co-Synch» на телках изучали в дозировках 1 и 2 мл, а на коровах 1, 2 и 4 мл. Эффективность средства при коррекции гипофункции гонад оценивали на лактирующих коровах, путем внутримышечного введения препарата в дозе 5 и 10 мл. Установлено, что максимальная оплодотворяемость после первого осеменения наблюдалась у телок, получавших 1 мл прогестина – 85,7%, тогда как в группе без использования прогестерон-содержащего препарата и в группе, где инъецировали 2 мл средства, показатель был ниже на 45,7%. Кратность осеменений на стельность среди телок, обработанных исследуемым препаратом в дозе 1 мл, была на 0,70 ($P \leq 0,001$) и 0,56 ($P \leq 0,05$) ниже по сравнению с контрольной и второй опытной группой соответственно. У коров, на фоне применения прогестероновой суспензии в схеме «Co-Synch» оптимальный результат установлен после введения 2 мл прогестина – кратность осеменений на оплодотворение была ниже на 0,25…1,35 по сравнению с животными других групп. При гипофункции яичников дозировка в 10 мл обуславливала сопоставимый результат, полученный на фоне обработки 2,5% раствором прогестерона, а оптимальный терапевтический эффект был выявлен среди животных, получавших по 5 мл препарата. Указанная дозировка характеризовалась на 0,50…0,69 меньшим индексом осеменений и в 2,3…2,5 раза более коротким периодом бесплодия ($P \leq 0,05$).

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Дисгормональные нарушения воспроизводительной функции у крупного рогатого скота являются одной из основных причин бесплодия и снижения рентабельности производства [1, 2, 3]. Фармакотерапия эндокринных расстройств репродуктивного тракта сводится к применению гормональных препаратов. В животноводстве, для оптимизации воспроизводства стада, главным образом применение нашли эквиваленты гонадолиберинов, гонадотропинов и половых стероидов [4, 5].

Стоит отметить, что рынок синтетических гормонов достаточно разнообразен, и представлен всевозможными аналогами, эффективность применения которых в тех или иных условиях сильно варьирует [6, 7]. Вариабельность ожидаемого клинического эффекта обусловлена различными факторами: видовыми и породными особенностями, интенсивностью обменных процессов, уровнем продуктивности, наличием сопутствующей органопатологии, живой массой и т.д. [8].

Для синхронизации и стимуляции половой цикличности, терапии дисфункциональных расстройств гонад, а также повышения оплодотворяемости в ветеринарной практике широкое применение нашли прогестины, т.е. вещества, способные взаимодействовать с прогестероновым рецептором [5, 8, 9]. Наиболее ярким представителем данной группы является прогестерон. При этом, в условиях промышленного животноводства, предпочтение отдают лекарственным формам, с пролонгированным терапевтическим действием [7, 10].

Цель исследований – определить эффективность разных доз препарата Прогестамаг® при синхронизации половой цикличности и терапии гипофункции яичников.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Экспериментальная работа выполнена в 2024 году в Институте агробиотехнологий ФИЦ УрО РАН. Объектом исследований являлись животные айрширской породы со среднегодовой молочной продуктивностью 8100 кг молока, принадлежащие племенному репродуктору ООО «Небдинский» Корткеросского района Республики Коми. Для исследований, по истечению двух месяцев после отела, были отобраны коровы 2…3 лактации, а также телки массой 360…370 кг и возрастом 14-15 месяцев проявляющие половую цикличность и имеющие на яичниках желтые тела без визуализируемой патологии репродуктивного тракта. Оценку состояния органов размножения проводили путем трансректального сонографического исследования с использованием ультразвукового сканера Easi-Scan 4 (BCF Technology, Великобритания).

Эффективность включения препарата Прогестамаг® в схему синхронизации половой цикличности «Co-Synch» на телках изучали при дозировке 1 и 2 мл, а на коровах 1, 2 и 4 мл. Последовательность проведения гормональных обработок представлена в таблицах 1 и 2.

Так же была проведена оценка эффективности применения препарата в двух дозировках при терапии гипофункции яичников. Для этого были отобраны коровы 2…3 лактации с признаками анафродизии. Постановку диагноза осуществляли после двукратного ультразвукового исследования гонад по отсутствию желтых тел и крупных фолликулов (размером более 8 мм). Животным контрольной группы внутримышечно инъецировали 2,5% раствор прогестерона, коровам первой опытной группы – 5 мл препарата Прогестамаг®, второй опытной – 10 мл исследуемого средства. Схема проведения экспериментальной работы показана в таблице 3.

За животными наблюдали в течение 5 месяцев, в случае наступления спонтанной стадии возбуждения – осеменение проводили повторно, если цикличность у бесплодных животных не возобновлялась, инъекции препаратов повторяли. Наличие стельности определяли по истечению 35 дней после искусственного осеменения методом ультразвуковой сонографии. С момента начала гормональных

обработок рассчитывали продолжительность дней бесплодия, определяли количество оплодотворившихся животных всего, а также после первого и второго осеменения, учитывали количество осеменений на оплодотворение.

Статистическая обработка выполнена методом вариационной статистики с использованием программного пакета «MicrosoftOfficeExcel 2007», достоверность различий сравниваемых величин оценивали с использованием критерия Стьюдента и Хи-квадрата Пирсона.

Таблица 1 – Схемы гормональных обработок телок для синхронизации половой цикличности

Показатель	Контрольная группа	Опытные группы	
		№1	№2
Количество животных	20	14	10
Схема опыта	0 день – Сурфагон 25 мкг в/м		
	-	0 день - Прогестамаг® 1 мл в/м	0 день - Прогестамаг® 2 мл в/м
	7 день – Магэстрофан 3 мл в/м		
	10 день – Сурфагон 25 мкг в/м Искусственное осеменение		

Таблица 2 – Схемы гормональных обработок коров для синхронизации половой цикличности

Показатель	Контрольная группа	Опытные группы		
		№1	№2	№3
Количество животных	14	14	16	10
Схема опыта	0 день – Сурфагон 25 мкг в/м			
	-	0 день - Прогестамаг® 1 мл в/м	0 день - Прогестамаг® 2 мл в/м	0 день - Прогестамаг® 4 мл в/м
	7 день – Магэстрофан 3 мл в/м			
	10 день – Сурфагон 25 мкг в/м Искусственное осеменение			

Таблица 3 – Схемы гормональных обработок коров при терапии гипофункции яичников

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа № 1	Опытная группа № 2
Количество животных	10	15	11
Схема опыта	0,2,4 день-Прогестерон 2,5% 5 мл в/м	0 день - Прогестамаг® 5 мл в/м	0 день - Прогестамаг® 10 мл в/м
	7 день-Фоллимаг 1000 ЕД в/м	7 день-Фоллимаг 1000 ЕД в/м	7 день-Фоллимаг 1000 ЕД в/м
	Искусственное осеменение по наступлению стадии возбуждения Инъекция 25 мкг сурфагона перед осеменением		

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Установлено, что за 5 месяцев наблюдений, при синхронизации половой функции, в опытных группах оплодотворились все телки (табл. 4), тогда как в контрольной одно животное осталось бесплодным. Максимальную оплодотворяемость после первого осеменения имели телки, получавшие 1 мл прогестина, которая составила 85,7%, что на 45,7% больше по отношению к контрольной группе (P≤0,01; χ^2=7,11) и к группе, получавшей 2 мл препарата. После второго осеменения в первой опытной группе оплодотворились все животные, тогда как в контрольной 26,3% потребовалось 3 и более осеменения на оплодотворение. Применение препарата Прогестамаг® в дозе 2 мл, способствовало оплодотворению еще 50% телок после второго осеменения, а у 10% животных стельность наступала в последующие осеменения. Наименьшее количество осеменений на оплодотворение отмечено среди телок, которые получали 1 мл прогестерон-содержащего препарата – этот показатель был на 0,70 (P≤0,001) и 0,56 (P≤0,05) ниже в сравнении с контрольной и второй опытной группой соответственно. Анализ продолжительности бесплодия свидетельствует, что среди телок, где не использовали препарат Прогестамаг®, средний период до зачатия был в 3,4 раза длиннее по отношению к животным, которым применяли 1 мл прогестина (P≤0,001) и в 2,4 раза по отношению к телкам, получавшим 2 мл препарата (P≤0,01). На следующем этапе была проведена оценка применения исследуемого препарата в схеме синхронизации на лактирующих коровах. Результаты экспериментальной работы отражены в таблице 5.

Как показали проведенные исследования (табл. 5), на фоне введения препарата Прогестамаг® в дозировке 4 мл при используемой схеме синхронизации половой цикличности, наблюдалась наименьшая оплодотворяемость, как после первого осеменения (10,0%), так и за весь период наблюдений (60,0%), при этом кратность введения спермы была максимальной, и составила 3,10 раза на стельность. Оптимальный результат был достигнут путем инъекции 2 мл прогестина – после введения указанной дозировки оплодотворились все животные (P≤0,05; χ2=7,12 по отношению к третьей опытной группе). При этом кратность осеменений на оплодотворение была ниже в 1,8 раз, по сравнению с коровами, получавшими большую дозировку прогестерон-содержащего препарата (P≤0,05).

Таблица 4 – Показатели оплодотворяемости телок синхронизированных с использованием препарата Прогестамаг®

Показатель	Контрольная группа	Опытные группы	
		№1	№2
Количество животных	20	14	10
Оплодотворилось всего, % (животных)	95,0 (19)	100 (14)	100 (10)
В т.ч. после первого осеменения, % (животных)	40,0 (8)	85,7 (12) ^{а**,б} *	40,0 (4)
В т.ч. после второго осеменения, % (животных)	30,0 (6)	14,3 (2)	50,0 (5)
Кратность осеменений на оплодотворение, раз	1,84±0,19	1,14±0,15 ^{а**б}*	1,70±0,21
Продолжительность бесплодия, дней	45,3±7,7	13,0±2,9 ^{а***}	19,0±4,2 ^{а**}

*Примечание: разница достоверна (*P≤0,05, **P≤0,01; ***P≤0,001) по отношению к ^{а} контрольной группе, ^{б} опытной группе № 2.*

Несмотря на то, что использование препарата Прогестамаг® в дозе 1 мл, не имел достоверных цифровых отличий от контрольной и второй опытной группы, по совокупности показателей можно заключить, что введение указанного объема так же оказывает положительное воздействие на воспроизводительную способность коров. Согласно полученным данным, после первого осеменения стельными становились 35,7% животных, что в 2,5 раза выше показателя, установленного в контрольной группе, при меньшем периоде бесплодия на 14,7 дней. Коррекция гипофункции гонад у лактирующих коров с использованием дозировки в 10 мл препарата не имела достоверных отличий по отношению к контрольной группе (табл.6), при этом максимальный терапевтический результат был установлен после введения 5 мл суспензии. Так, по первому разу в опытной группе №1 оплодотворились 73,3% животных, что на 43,3…45,8% больше показателя контрольной и второй опытной группы ($P \leq 0,05$; $\chi 2=4,57…5,42$). Индекс осеменений на фоне обработки оцениваемым прогестином в дозе 5 мл был на 0,50…0,69 ниже показателя других групп, при меньшем в 2,3…2,5 раз периоде бесплодия ($P \leq 0,05$).

Таблица 5 – Показатели оплодотворяемости коров синхронизированных с использованием препарата Прогестамаг®

Показатель	Контрольная группа	Опытные группы		
		№1	№2	№3
Количество животных	14	14	16	10
Оплодотворилось всего, % (животных)	92,9 (13)	85,7 (12)	100,0 (16) **	60,0 (6)
В т.ч. после первого осеменения, % (животных)	14,3 (2)	35,7 (5)	37,5 (6)	10,0 (1)
В т.ч. после второго осеменения, % (животных)	57,1 ()	35,7 (5)	56,3 (9)	30,0 (3)
Кратность осеменений на оплодотворение, раз	2,15±0,22	2,00±0,31	1,75±0,19*	3,10±0,46
Продолжительность бесплодия, дней	49,2±12,7	34,5±8,3	29,8±5,7	40,2±6,3

*Примечание: разница достоверна (*P≤0,05) по отношению к опытной группе № 3.*

Таблица 6 – Показатели оплодотворяемости коров при терапии гипофункции гонад с использованием препарата Прогестамаг®

Показатель	Контрольная группа	Опытные группы	
		№ 1	№ 2
Количество животных	10	15	11
Оплодотворилось всего, % (животных)	100,0 (10)	100,0(15)	100,0(11)
в т.ч. после первого осеменения, % (животных)	30,0 (3)	73,3(11) *	27,3(3)
в т.ч. после второго осеменения, % (животных)	50,0 (5)	13,3(2)	54,5(6)
Кратность осеменений на оплодотворение, раз	1,90±0,20	1,40±0,18	2,09±0,34
Продолжительность бесплодия, дней	40,3±7,26	17,3±3,7*	43,5±11,9

*Примечание: разница достоверна (*P≤0,05) по отношению к другим группам*

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенные исследования на животных, проявляющих половую цикличность, свидетельствуют, что включение препарата Прогестамаг® в дозе 1 мл для телок и 2 мл для лактирующих коров в схему синхронизации «Co-Synch» способствует оптимизации воспроизводительной функции, а именно снижению кратности осеменений на оплодотворение и сокращению периода бесплодия. Полученный результат, по-видимому, обусловлен действием пролонгированного прогестерон-содержащего средства на гипоталамо-гипофизарную систему путем накопления и последующего более выраженного выброса в кровь гонадотропинов. Использование препарата в дозе 10 мл при гипофункции гонад у коров айрширской породы не имеет достоверных отличий по сравнению с классической схемой, основанной на трехкратном введении 2,5% масляного раствора прогестерона, однако требует меньшего количества подходов к животному для гормональных обработок. Наилучший результат для индукции половой цикличности может быть достигнут при использовании 5 мл суспензии с последующей инъекцией 1000 ЕД Фоллимага на 7 день. Полученные результаты требуют дальнейших производственных испытаний на большем количестве животных, отработки доз среди других пород крупного рогатого скота, с обязательным учетом уровня молочной продуктивности. Данный материал может являться обоснованием для дополнения и коррекции инструкции по применению к препарату Прогестамаг®.

THE EFFECTIVENESS OF USING PROGESTAMAG® TO OPTIMIZE REPRODUCTIVE FUNCTION IN COWS AND HEIFERS

Nikolaev S.V.* – Candidate of Veterinary Sciences, Researcher, (ORCID 0000-0001-5485-4616)

Institute of Agrobiotechnology named after A.V. Zhuravsky Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

* semen.nikolaev.90@mail.ru

ABSTRACT

The aim of the research was to evaluate the effectiveness of the use of various doses of Progestamag® included in the "Co-Synch" scheme, as well as in the treatment of ovarian hypofunction. The experimental work was performed in the conditions of the Komi Republic on Ayrshire breed animals. Cows and heifers exhibiting sexual cyclicity with yellow bodies present on the ovaries were selected for synchronization. The efficacy of Progestamag® in the "Co-Synch" scheme was studied in heifers at dosages of 1 and 2 ml, and in cows of 1, 2 and 4 ml. The effectiveness of the drug in correcting gonadal hypofunction was evaluated in lactating cows by intramuscular administration of the drug in doses of 5 and 10 ml. It was found that the maximum fertilization after the first insemination was observed in heifers receiving 1 ml of progestin – 85.7%, whereas in the group without the use of a progesterone-containing drug and in the group where 2 ml of the drug was injected, the indicator was 45.7% lower. The frequency of insemination for pregnancy among heifers treated with the studied drug at a dose of 1 ml was 0.70 and 0.56 lower compared with the control ($P \leq 0.001$) and the second ($P \leq 0.05$) experimental group, respectively. In cows, against the background of the use of progesterone suspension in the "Co-Synch" scheme, the optimal result was established after the administration of 2 ml of progestin – the frequency of insemination for fertilization was lower by 0.25...1.35 compared with animals of other groups. With ovarian hypofunction, a dosage of 10 ml caused a comparable result obtained against the background of treatment with 2.5% progesterone solution, and the optimal therapeutic effect was revealed in a group of animals receiving 5 ml of the drug. The indicated dosage was characterized by a 0.50...0.69 lower insemination index and a 2.3...2.5 times shorter infertility period ($P \leq 0.05$).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Конопельцев И.Г., Шуплецова Н.Н., Сапожников А.Ф. Репродуктивная функция коров-первотелок на фоне применения Селенолина, Седимина и Элеовита. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. № 2. С. 207-210. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=23603287
2. Лысенко А.В., Михалёв В.И., Синёва А.М., Сафонов В.А. Клинико-эхокардиографическая характеристика половых гонад у молочных коров при их гипофункциональном состоянии. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2020. № 3. С. 71-75. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=44044354
3. Шабунин С.В., Нежданов А.Г., Лободин К.А. Ветеринарно-технологические аспекты сохранения репродуктивного и продуктивного потенциала молочного скота. Молочная промышленность. 2018. № 11. С. 65-68. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=36369254
4. Konopeltsev I., Baymishev Kh.B., Batrakov A., Shiryaev G., Anipchenko P., Nikolaev S. New method of gonadorelin application for treatment of cows with follicular cysts. Reproduction in Domestic Animals. 2018; 53(S2):151, 152. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=35607308
5. Нежданов А.Г., Михалев В.И., Скориков В.Н., Панфилова А.О. Эффективность гормональной коррекции воспроизводительной способности коров при гипофункции яичников. Вопросы нормативно-правового регулирования. 2014; 3:124 – 127. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=22149093
6. Николаев С.В. Сравнительная эффективность применения аналогов гонадолиберинов и влияние морфобиохимического состава крови на оплодотворяемость коров // Международный вестник ветеринарии. 2022. № 1. С. 140-146. DOI:10.52419/issn2072-2419.2022.1.140 Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=48452092
7. Николаев С.В. Фармакокинетика 17-гидроксипрогестерона капроата в организме лактирующих коров// Ветеринария. 2022. № 5. С. 54-58. DOI: 10.30896/0042-4846.2022.25.5.54-57 Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=48442672
8. Племяшов К.В. Этиология, диагностика и лечение высокопродуктивных коров с гипофункцией яичников в хозяйствах Северо-Западного региона РФ. Матер. Междунар. науч. конф. по патофизиологии животных, посвященной 200-летию ветеринарного образования в России и 200-летию СПбГАВМ. СПб, 2008; 73 – 76. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=25329235
9. Чомаев А.М., Варенников М.В. Прогестагены при дисфункции яичников у первотелок. Ветеринария. 2003. № 3. С. 38. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=16895319
10. Минин А.В., Филатов А.В. Утеротоническая активность препарата рутоцин при применении высокопродуктивным свиноматкам в послеродовой период. Ветеринария. 2023. № 9. С. 42-45. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=54477656

REFERENCE

1. Konopeltsev I.G., Shupletsova N.N., Sapozhnikov A.F. Reproductive function of first-calf cows against the background of the use of Selenoline, Sedimine and Eleovit. Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. 2015. No. 2. pp. 207-210. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23603287 (In Russ.)
2. Lysenko A.V., Mikhalev V.I., Sineva A.M., Safonov V.A. Clinical and echocardiographic characteristics of genital gonads in dairy cows in their hypofunctional state. Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. 2020. No. 3. pp. 71-75. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44044354 (In Russ.)
3. Shabunin S.V., Nejdanov A.G., Lobodin K.A. Veterinary and technological aspects of preserving the reproductive and productive potential of dairy cattle. Dairy industry. 2018. No. 11. pp. 65-68. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36369254 (In Russ.)
4. Konopeltsev I., Baymishev Kh.B., Batrakov A., Shiryaev G., Anipchenko P., Niko-

laev S. New method of gonadorelin application for treatment of cows with follicular cysts. Reproduction in Domestic Animals. 2018; 53(S2):151, 152. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35607308
5. Nejdanov A.G., Mikhalev V.I., Skorikov V.N., Panfilova A.O. Effectiveness of hormonal correction of reproductive ability of cows with ovarian hypofunction. Issues of regulatory regulation. 2014; 3:124 – 127. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22149093 (In Russ.)
6. Nikolaev S.V. Comparative effectiveness of the use of gonadoliberin analogues and the influence of the morphobiochemical composition of blood on the fertilization of cows // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2022. No. 1. pp. 140-146. DOI:10.52419/issn2072-2419.2022.1.140
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=48452092 (In Russ.)
7. Nikolaev S.V. Pharmacokinetics of 17-hydroxyprogesterone caproate in the body of lactating cows// Veterinary medicine. 2022. No. 5. pp. 54-58. DOI: 10.30896/0042-4846.2022.25.5.54-57 URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=48442672 (In Russ.)
8. Plemyashov K.V. Etiology, diagnosis and treatment of highly productive cows with ovarian hypofunction in farms of the Northwestern region of the Russian Federation. Mater. International Scientific Conference on Animal Pathophysiology, dedicated to the 200th anniversary of veterinary education in Russia and the 200th anniversary of St. Petersburg State University. St. Petersburg, 2008; 73-76. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=25329235 (In Russ.)
9. Chomaev A.M., Varenikov M.V. Progestogens in ovarian dysfunction in primary heifers. Veterinary medicine. 2003. No. 3. p. 38. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=16895319 (In Russ.)
10. Minin A.V., Filatov A.V. Uterotonic activity of the drug rutocin when used in highly productive sows in the postpartum period. Veterinary medicine. 2023. No. 9. pp. 42-45. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=54477656 (In Russ.)

УДК: 636.034: 579.676
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.155

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАННЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТЕЛЯТ

Филатов А.В.[1*] – д-р ветеринар. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-4557-844x); **Николаев С.В.**[1] – канд. ветеринар. наук, науч. сотр. (ORCID 0000-0001-5485-4616); **Сюткина А.С.**[2] – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-3234-8602).

[1] Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра УрО РАН;
[2] Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова.

*fav6819@yandex.ru

***Ключевые слова**: телята, пробиотики, лактобациллы, кишечная микрофлора, прирост живой массы.*
***Keywords:** probiotics, lactobacilli, intestinal microflora, body weight gain.*

Поступила: 25.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Целью исследований являлась оценка влияния пробиотического препарата на показатели метаболизма, микробиома пищеварительного тракта и динамику прироста живой массы у телят. Для этого новорожденному молодняку (n=10) с первой выпойкой молозива (далее с молоком) один раз в сутки на протяжении двух недель задавали по 0,5 мл пробиотического препарата, содержащего 1×10^7 КОЕ/мл *Lactobacillus plantarum* ПЛ-99, *Lactobacillus buchneri* БХ-99 и *Bacillus subtilis* BS2017 в пропорции 1:1:1. В качестве контроля служили животные, которым пробиотический препарат не применяли (n=10). Показано, что на фоне использования бактериальной культуры, содержание общего белка в сыворотке крови на 10,0% ($P\leq0,05$) превосходило показатели контрольной группы, глобулинов на 24,8% ($P\leq0,05$), активность щелочной фосфатазы на 48,8% ($P\leq0,05$). Применение пробиотика сопровождалось ростом общей бактериальной массы в кишечном содержимом (на $1\times10^{8,44}$; $P\leq0,01$), в том числе числа лактобацилл (на $1\times10^{6,79}$; $P\leq0,05$), бактерий рода *Staphylococcus* (на $1\times10^{2,97}$; $P\leq0,01$), *Fusobacterium* (на $1\times10^{7,52}$; $P\leq0,05$), Clostridium (на $1\times10^{8,07}$; $P\leq0,001$), *Corynebacterium* (на $1\times10^{5,02}$; $P\leq0,01$). При этом концентрация таких микроорганизмов как *Streptococcus spp, Eubacterium spp, Peptostreptococcus spp,* способных вызвать заболевания пищеварительного тракта достоверно снижалась. Применение биопрепарата на 40% сокращало заболеваемость молодняка диареей и способствовало повышению среднесуточного прироста в первый месяц выращивания на 36,7 г ($P\leq0,05$). Таким образом, раннее введение в течение первых двух недель неонатального периода исследуемого пробиотика оказывает благоприятное воздействие на белковый обмен, формирование микробиоценоза кишечника и интенсивность прироста живой массы, а также снижает заболеваемость телят диареей.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Генетический обусловленный потенциал продуктивности, несоответствие условий кормления и содержания физиологическим потребностям организма негативно влияет на продолжительность хозяйственного использования крупного рогатого скота [1, 2]. На фоне снижения естественной резистентности, наблюдается рост восприимчивости животных к болезням бактериальной этиологии. Для борьбы с патогенными и условно-патогенными микроорганизмами традиционно используют химиопрепараты, обладающие антимикробной активностью: антибиотики, сульфаниламиды, нитрофураны и т.д. [3, 4]. Однако бесконтрольное применение данных средств приводит к распространению лекарственно устойчивых штаммов микроорганизмов, а действующие вещества способны накапливаться в организме и длительный период определяться в продуктах животноводства [5, 6]. Поэтому наибольшую актуальность приобретают экологически безопасные препараты, не вызывающие появления лекарственно-резистентных микробов. К такой группе можно отнести средства, основу которых составляют живые пробиотические микроорганизмы [7, 8, 9].

Ранний постнатальный период является наиболее важным этапом онтогенеза животных. После рождения, происходит активная адаптация организма к внешним условиям, а также колонизация слизистых и кожных покровов, в том числе органов пищеварения, различного рода микроорганизмами [10, 11]. Именно в первые дни постнатального онтогенеза, попавшие через ротовую полость микроорганизмы, формируют сложный биоценоз желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и оказывают значительное влияние на жизнеспособность и будущее здоровье приплода [12, 13]. Поэтому направленное заселение органов пищеварения симбионтной микрофлорой является одним из способов профилактики заболеваемости молодняка.

Цель исследований – провести оценку влияния пробиотического препарата, состоящего из культур бактерий *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri* и *Bacillus subtilis* на показатели метаболизма, микробиома пищеварительного тракта и динамику прироста живой массы у телят.

Научная новизна работы заключается в том, что используемый пробиотический препарат, в состав которого входят штаммы *Lactobacillus plantarum* ПЛ-99, *Lactobacillus buchneri* БХ-99 и *Bacillus subtilis* BS2017 впервые оценивается как средство для профилактики диарейного синдрома у телят.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проведены в 2024 году на молочно-товарной ферме КФХ «Алиев» Княжпогостского района Республики Коми. Хозяйство специализируется на разведении холмогорского скота со средней продуктивностью 5 тыс. кг молока в год. Путем случайной выборки, сразу по окончанию родового акта было сформировано две группы телят, по 10 животных в каждой. Первой (опытной) группе животных на фоне стандартного кормления, с первой выпойкой молозива (далее с молоком) один раз в сутки на протяжении двух недель задавали по 0,5 мл пробиотического препарата, содержащего три штамма бацилл: *Lactobacillus plantarum* ПЛ-99, *Lactobacillus buchneri* БХ-99 и *Bacillus subtilis* BS2017 в пропорции 1:1:1 с общей концентрацией 1×10^7 КОЕ/мл. Вторая группа являлась контрольной, где пробиотический препарат не применяли. В течение всей экспериментальной работы молодняк находился в одинаковых условиях содержания и кормления. В каждой группе телят в течение двух месяцев учитывали частоту заболеваемости диареей и другими болезнями, смертность, определяли динамику прироста живой массы. На 14 день после рождения для оценки микробиома ЖКТ от молодняка получали фекалии, а также венозную кровь для биохимических исследований. Фекалии помещали в пробирку типа «Эппендорф» с транспортной

средой «Стор-М» (ООО «ДНК-Технология» г. Москва), кровь отстаивали для получения сыворотки.

Микробиом ЖКТ изучали молекулярно-генетическим методом, для чего пробы фекалий, полученные из прямой кишки, гомогенизировали путем встряхивания, центрифугировали при 15 тыс. об. в течение 10 минут, надосадочную жидкость удаляли и отбирали 0,1 г осадка. Выделение ДНК проводили с использованием набора «Проба-НК-Плюс» (ООО «ДНК-Технология», г. Москва) согласно инструкции производителя. Исследование микробиома осуществляли путем постановки ПЦР в реальном времени с применением тест-системы Фемофлор® 16 (ООО «ДНК-Технология», г. Москва). ПЦР проводили на детектирующем амплификаторе «ДТлайт 4S1» в режиме, рекомендованном производителем для данного набора. Специфичность генотипирования проверяли контрольными образцами, входящими в состав диагностического комплекса. Биохимический профиль крови оценивали на анализаторе iMagic-V7.

Статистический анализ проведен путем вычисления средней арифметической и стандартной ошибки, достоверность различий сравниваемых величин установлена при применении t-критерия Стьюдента с использованием пакета программ Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

По результатам лабораторных исследований установлено, что у молодняка, на фоне выпойки молозива и молока с пробиотической культурой, концентрация мочевины была на 11,1% ниже, при большем содержание общего белка на 10,0% ($P \leq 0,05$), по сравнению с телятами контрольной группы (табл. 1). Увеличение содержание протеина крови происходило за счет повышения уровня глобулинов (на 24,8%; $P \leq 0,05$), что способствовало перераспределению отношения белковых фракций в сторону снижения коэффициента на 0,37 ($P \leq 0,05$). Стоит отметить, что концентрация общего белка в сыворотке крови у телят в неонатальном периоде является маркером величины полученного колострального иммунитета, а рост значений показателя ассоциирован с повышением естественной резистентности. Выявленные различия в азотистом обмене, возможно, обусловлены положительным влиянием пробиотических культур на переваримость и эффективность усвоения белков корма.

Достоверные отличия между животными наблюдались в отношении щелочной фосфатазы. Так, активность фермента у молодняка опытной группы была выше на 48,8% ($P \leq 0,05$). Согласно ранее проведенным исследованиям, повышенная активность данного энзима в раннем постнатальном онтогенезе ассоциирована с большей скоростью прироста живой массы [14]. Сравнительная оценка других биохимических показателей статистически значимых различий не выявила.

В таблице 2 дана характеристика микробиоценоза желудочно-кишечного тракта исследуемых телят. Результаты ПЦР-анализа свидетельствуют, что применение пробиотического препарата сопровождается ростом общей бактериальной массы в кишечном содержимом на $1 \times 10^{8,44}$ ($P \leq 0,01$), в том числе числа лактобацилл на $1 \times 10^{6,79}$ ($P \leq 0,05$), которые являются важнейшими симбионтами и антагонистами нежелательной микрофлоры. Так же у телят опытной группы отмечен достоверный рост бактерий рода *Staphylococcus* на $1 \times 10^{2,97}$ ($P \leq 0,01$), *Prevotella bivia+Porphyromonas spp.* на $1 \times 10^{8,40}$ ($P \leq 0,01$), *Fusobacterium spp.* на $1 \times 10^{7,52}$ ($P \leq 0,05$), *Clostridium spp.* на $1 \times 10^{8,07}$ ($P \leq 0,001$), *Corynebacterium spp.* на $1 \times 10^{5,02}$ ($P \leq 0,01$) которые считаются нормофлорой желудочно-кишечного тракта. В то же время установлено снижение числа таких микроорганизмов как *Streptococcus spp.* на $1 \times 10^{4,66}$, *Eubacterium spp.* на $1 \times 10^{5,15}$, *Peptostreptococcus spp.* на $1 \times 10^{5,62}$ ($P \leq 0,05$) и грибов рода *Candida* на $1 \times 10^{5,62}$ способных вызвать заболевания органов пищеварения.

Таблица 1 – Характеристика биохимического профиля сыворотки крови у телят на фоне применения пробиотического препарата

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Мочевина, ммоль/л	6,65±0,55	5,91±0,14
Общий белок, г/л	70,7±2,4	77,8±2,3*
Альбумины, г/л	38,5±0,7	37,6±0,5
Глобулины, г/л	32,2±2,7	40,2±2,7*
Альбумино-глобулиновое отношение	1,35±0,15	0,98±0,08*
Холестерин, ммоль/л	2,38±0,35	2,58±0,16
Кальций, ммоль/л	4,24±0,08	4,30±0,07
Фосфор, ммоль/л	2,83±0,09	2,99±0,13
Кальций-фосфорное отношение	1,50±0,03	1,46±0,08
Щелочная фосфатаза, Ед/л	344,2±40,1	512,0±61,4*
АлАТ, Ед/л	33,8±2,1	36,7±0,4
АсАТ, Ед/л	39,5±2,8	41,3±1,0
Коэффициент де Ритиса	0,86±0,02	0,89±0,02

**P≤0,05 различия достоверны по отношению к контрольной группе телят.*

Таблица 2 – Количественная характеристика микрофлоры кишечника телят (ДНК-геномов 1×10^{x}/г)

Показатель	Группа		Разница (х)
	контроль-ная	опытная	
Общая бактериальная масса	8,13±7,79	8,61±7,57	8,44**
Lactobacillus spp.	6,20±6,37	6,89±5,69	6,79*
сем. *Enterobacteriaceae*	7,24±6,93	7,27±6,77	6,09
Streptococcus spp.	4,78±3,26	4,15±4,55	-4,66
Staphylococcus spp.	2,85±2,13	3,21±2,34	2,97**
Prevotella bivia+Porphyromonas spp.	8,05±7,86	8,56±7,47	8,40**
Eubacterium spp.	5,59±4,88	5,40±5,26	-5,15
Fusobacterium spp.	6,60±7,10	7,57±6,14	7,52*
Megasphaera spp.+Veillonella spp.+Dialister spp.	6,99±6,74	7,36±6,75	7,11
Clostridium spp.	7,41±7,42	8,15±6,86	8,07***
Corynebacterium spp.	4,64±4,55	5,17±3,92	5,02**
Peptostreptococcus spp.	5,94±5,26	5,67±5,53	-5,62*
Atopobium vaginae	0,85±0,70	1,08±0,66	0,68
Candida spp.	3,81±3,00	3,79±3,40	-2,58

*Различия достоверны *P≤0,05; **P≤0,01; ***P≤0,001.*

Оценка заболеваемости и продуктивных качеств телят свидетельствует, что применение исследуемой пробиотической культуры оказывает выраженный профилактический эффект при диарее (табл. 3). Так, признаки диарейного синдрома в контрольной группе были зарегистрированы у 40% молодняка, а среди телят, употреблявших биопрепарат, признаки заболевания диагностированы не были.

Таблица 3 – Заболеваемость телят диареей и динамика прироста живой массы при использовании пробиотической культуры

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Количество телят, проявивших признаки диареи, %	40,0	0,0
Живая масса при рождении, кг	39,1 ± 0,6	39,6 ± 0,6
Живая масса через 1 месяц, кг	50,5 ± 0,7	52,1 ± 0,7
Среднесуточный прирост за первый месяц, г	380,0±10,7	416,7±12,0*
Живая масса через 2 месяца, кг	77,7 ± 1,1	79,8 ± 0,8
Среднесуточный прирост за второй месяц, г	906,7±22,7	923,3±32,4
Среднесуточный прирост за весь период наблюдений, г	643,3±10,5	670,0±12,6

**P≤0,05 различия достоверны по отношению к контрольной группе телят.*

По истечению первого месяца выращивания живая масса телят опытной группы на 1,6 кг превосходила массу контрольного молодняка, а среднесуточный прирост на фоне применения бактериальной культуры был больше на 36,7 г (P≤0,05). За второй месяц наблюдений ранняя профилактика с использованием оцениваемых пробиотических штаммов обеспечила больший на 16,6 г среднесуточный прирост, что способствовало на 2,1 кг более интенсивному набору живой массы. В среднем, в опытной группе телят, среднесуточный прирост за анализируемый период (60 дней) был выше на 26,7 г.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Раннее введение в рацион 0,5 мл пробиотического препарата, содержащего 1×10^7 КОЕ/мл *Lactobacillus plantarum* ПЛ -99, *Lactobacillus buchneri* БХ-99 и *Bacillus subtilis* BS2017 в течение первых двух недель неонатального периода способствует повышению концентрации общего белка, содержания глобулинов и активности щелочной фосфатазы. Изменения кишечной микрофлоры сопровождаются ростом уровня общей бактериальной массы в фекалиях, числа лактобацилл и другой нормофлоры, тогда как количество микроорганизмов, способных вызвать расстройство органов пищеварения наоборот снижается. Благоприятное воздействие на процесс переваривания корма сопровождается снижением заболеваемости телят диареей и интенсификацией скорости прироста живой массы.

THE EFFECTIVENESS OF EARLY USE OF A PROBIOTIC DRUG IN CALF REARING

Filatov A.V.[1*] **–** PhD, Senior Researcher (ORCID 0000-0003-4557-844x); **Nikolaev S.V.**[1] – PhD, Researcher (ORCID 0000-0001 -5485-4616); **Syutkina A.S.**[2] **–** PhD, Senior Researcher (ORCID 0000-0003-3234-8602).

[1] Institute of Agrobiotechnology named after A.V. Zhuravsky Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

[2] All-Russian Scientific Research Institute of Hunting and Animal Husbandry named after prof. B.M. Zhitkov

*fav6819@yandex.ru

ABSTRACT

The aim of the research was to evaluate the effect of a probiotic drug on metabolic parameters, the microbiome of the digestive tract and the dynamics of body weight gain in calves. To do this, newborn young (n=10) with the first colostrum drink (hereinafter with milk) once a day for two weeks were given 0.5 ml of a probiotic drug containing 10^7 CFU /ml of *Lactobacillus plantarum PL-*

99, *Lactobacillus buchneri BX-99* and *Bacillus subtilis BS2017* in a ratio of 1:1:1. The control was animals that had not been given a probiotic drug (n=10). It was shown that against the background of the use of bacterial culture, the content of total protein in blood serum was 10,0% (P<0,05) higher than that of the control group, globulins by 24,8% (P<0,05) alkaline phosphatase activity by 48,8% (P<0,05). The use of probiotics was accompanied by an increase in the total bacterial mass in the intestinal contents (by $1\times10^{8,44}$; P≤0,01), including the number of lactobacilli (by $1\times10^{6,79}$; P≤0,05), bacteria of the genera *Staphylococcus* (by $1\times10^{2,97}$; P≤0,01), *Fusobacterium* (by $1\times10^{7,52}$; P≤0,05), *Clostridium* (by $1\times10^{8,07}$; P≤0,001), *Corynebacterium* (by $1\times10^{5,02}$; P≤0,01). At the same time, the concentration of microorganisms such as *Streptococcus spp*, *Eubacterium spp*, *Peptostreptococcus spp*, which can cause diseases of the digestive tract, significantly decreased. The use of the biopreparation contributed to a 40% reduction in the occurrence of diarrhea in young animals and an increase in the average daily increase in the first month of cultivation by 36,7 g (P <0,05). Thus, early administration of the probiotic under study during the first two weeks of the neonatal period has a beneficial effect on nitrogen metabolism, the formation of intestinal microbiocenosis and the intensity of body weight gain, as well as a decrease in the incidence of diarrhea in calves.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Игнатьева, Л. П. Продолжительность продуктивной жизни коров симментальской породы / Л. П. Игнатьева, А. А. Сермягин // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 10(213). – С. 31-39.
2. Матюков В. С., Жариков Я. А., Лобов Д. В., Николаев С. В. Состояние и перспективы сохранения генофонда скота холмогорской породы. Экономические аспекты управления инновационным развитием аграрного сектора России в региональных аспектах: материалы Международной научно-практической конференции в рамках III Республиканского форума, посвященного Дню Интеллектуальной собственности «Интеллектуальная собственность – будущее Республики Коми». Сыктывкар, 2019. С. 174-1873. Николаев С. В. Конопельцев И. Г. Состав микроорганизмов и их чувствительность к антимикробным средствам при остром воспалении матки у коров-первотелок. Современные научно-практические достижения в ветеринарии: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Выпуск 7. Киров, 2016. С. 34-39. EDN VYVVGB.
4. Коба И.С., Позябин С.В., Горбатова Х.С. Терапевтическая эффективность препарата группы полусинтетических пенициллинов при кишечной инфекции у поросят. Ветеринария и кормление. 2023. № 4. С. 39-41.
5. Соколова О.В., Шкуратова И.А., Безбородова Н.А., Кожуховская В.В. Антибиотикорезистентность микробиоты молочной железы и репродуктивного тракта коров. Ветеринария. 2021. № 9. С. 10-15.
6. Шевелёва С.А., Бессонов В.В. Вопросы нормирования и контроля антибиотиков в молоке, молочных продуктах и других продуктах животноводства. Молочная промышленность. 2016. № 5. С. 32-37.
7. Коба И.С., Горбатова Х.С., Белкина Ю.С., Наврузшоева Г.Ш. Применение комплекса пробиотических препаратов для профилактики и лечения сальмонеллеза у цыплят-бройлеров. Птицеводство. 2021. № 2. С. 54-57.
8. Аникин С.В., Филатов А.В., Шемуранова Н.А. Молочная продуктивность и показатели воспроизводства при использовании пробиотического комплекса Профорт Т. Зоотехния. 2023. № 3. С. 16-18.
9. Конопельцев И.Г., Муравина Е.С., Сапожников А.Ф. Применение озонированной эмульсии при остром эндометрите у коров. Ветеринария. 2013. № 8. С. 39-42.
10. Deng F., McClure M., Rorie R., Wang X., Chai J., Wei X., Lai S., Zhao J. The vaginal and fecal microbiomes are related to pregnancy status in beef heifers. J Anim Sci Biotechnol. 2019;10: 92. doi: 10.1186/s40104-019-0401-2.
11. Zhukov M.S., Alekhin Yu.N. Detection of the upper respiratory tract bacteria in new

born calves. Reproduction in domestic animals. 2022; 57 (S1): 97. DOI: 10.1111/rda.14052
12. Филатов А.В., Якимов А.В. Экономическое обоснование применения пробиотического комплекса «Ликвафид» молодняку свиней. Свиноводство. 2024. № 1. С. 15-17.
13. Ивановский А.А., Белорыбкина О.В. Применение Руменофита при желудочно-кишечных заболеваниях телят. Достижения науки и техники АПК. 2006. № 11. С. 39-40.
14. Николаев, С. В. Раннее прогнозирование интенсивности прироста живой массы у телят с использованием биохимических маркеров крови. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 4. С. 548-554.

REFERENCE

1. Ignatieva, L. P. The duration of the productive life of cows of the Simmental breed / L. P. Ignatieva, A. A. Sermyagin // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2021. – № 10(213). – Pp. 31-39. – DOI 10.32417/1997-4868-2021-213-10-31-39. – EDN MONPJR.
2. Matyukov V. S., Zharikov Ya. A., Lobov D. V., Nikolaev S. V. The state and prospects of preserving the gene pool of cattle of the Kholmogorsky breed. Economic aspects of managing the innovative development of the Russian agricultural sector in regional aspects: materials of the International Scientific and Practical Conference within the framework of the III Republican Forum dedicated to the Intellectual Property Day "Intellectual Property – the Future of the Komi Republic". Syktyvkar, 2019. pp. 174-187. EDN LTXOPR.
3. Nikolaev S. V. Konopeltsev I. G. Composition of microorganisms and their sensitivity to antimicrobial agents in acute inflammation of the uterus in first-calf cows. Modern scientific and practical achievements in veterinary medicine: Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Issue 7. Kirov, 2016. pp. 34-39. EDN VYVVGB.
4. Koba I.S., Pozyabin S.V., Gorbatova H.S. Therapeutic efficacy of the drug of the group of semi-synthetic penicillins in intestinal infection in piglets. Veterinary medicine and feeding. 2023. No. 4. pp. 39-41.
5. Sokolova O.V., Shkuratova I.A., Bezborodova N.A., Kozhukhovskaya V.V. Antibiotic resistance of the microbiota of the mammary gland and the reproductive tract of cows. Veterinary medicine. 2021. No. 9. pp. 10-15.
6. Sheveleva S.A., Bessonov V.V. Issues of rationing and control of antibiotics in milk, dairy products and other livestock products. Dairy industry. 2016. No. 5. pp. 32-37.
7. Koba I.S., Gorbatova H.S., Belkina Y.S., Navruzshoeva G.S. The use of a complex of probiotic drugs for the prevention and treatment of salmonellosis in broiler chickens. Poultry farming. 2021. No. 2. pp. 54-57.
8. Anikin S.V., Filatov A.V., Shemuranova N.A. Milk productivity and reproduction indicators using the probiotic complex Profort T. Zootechny. 2023. No. 3. pp. 16-18.
9. Konopeltsev I.G., Muravina E.S., Sapozhnikov A.F. Application of ozonated emulsion in acute endometritis in cows. Veterinary medicine. 2013. No. 8. pp. 39-42.
10. Deng F., McClure M., Rorie R., Wang X., Chai J., Wei X., Lai S., Zhao J. The vaginal and fecal microbiomes are related to pregnancy status in beef heifers. J Anim Sci Biotechnol. 2019;10: 92. doi: 10.1186/s40104-019-0401-2.
11. Zhukov M.S., Alekhin Yu.N. Detection of the upper respiratory tract bacteria in new born calves. Reproduction in domestic animals. 2022; 57 (S1): 97. DOI: 10.1111/rda.14052
12. Filatov A.V., Yakimov A.V. Economic justification for the use of the probiotic complex "Liquafid" in young pigs. Pig farming. 2024. No. 1. pp. 15-17.
13. Ivanovsky A.A., Belorybkina O.V. The use of Rumenophyte in gastrointestinal diseases of calves. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2006. No. 11. pp. 39-40.
14. Nikolaev, S. V. Early prediction of the intensity of live weight gain in calves using biochemical blood markers. Agricultural science of the Euro-Northeast. 2022. Vol. 23, No. 4. pp. 548-554.

УДК: 636.087.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.162

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА КОРМОВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА И СОВРЕМЕННЫЙ АССОРТИМЕНТ ПРОДУКТОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Бойко Т.В. * – д-р ветеринар. наук, доц. каф. диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства; **Любых Ю.Е.** – асп.; **Камалтинова К.Н.** – асп.

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

*tv.boyko@omgau.org

Ключевые слова: *кормовые добавки, аминокислоты, витамины, микроэлементы, фитогеники, фитобиотики, органические кислоты.*

Key words: *feed additives, amino acids, vitamins, microelements, phytogenics, phytobiotics, organic acids.*

Поступила: 12.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты анализа реестра кормовых добавок, разработанных для коров, а также краткая характеристика основных групп биологически активных веществ, используемых при их производстве. Поиск источников проводили в библиографических базах данных, в научных электронных библиотеках с поисковыми системами: Web of Science (http:// www.webofscience.com); Scopus (https:// www.scopus. com); eLIBRARY.RU (https://www.elibrary.ru); Viley Online Library (https://onlinelibrary.wiley.com); Pubmed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov). В качестве источников литературы были приняты научные статьи на английском и русском языках. В качестве ключевых слов использовали названия групп веществ кормовых добавок. Анализ показал, что Российский рынок кормовых добавок представлен, в основном, разработками зарубежных компаний – из 3696 наименований 22,9 % являются отечественной разработкой 77,1 % – зарубежной. Кормовые добавки для молочного животноводства представлены 1295 наименованиями продуктов, что составляет 35 % от общего числа. По цели применения кормовые добавки для крупного рогатого скота классифицируют на группы: *для повышения продуктивности* (энергетические кормовые добавки, многокомпонентные кормовые добавки, органические кислоты и их производные, ароматические и вкусовые кормовые добавки, макро-и микроэлементы и их комплексные соединения, витамины и их производные, биологически активные вещества растительного происхождения, содержащие флавоноиды или флавогликаны, эфирные масла, экстракты трав, вытяжки из трав, ферменты, пребиотики, биологически активные белковые вещества, аминокислоты, их соли и соединения), для сохранности молодняка (витамины и их производные, 1 энергетические кормовые

добавки, пребиотики, многокомпонентные кормовые добавки, макро-и микроэлементы и их комплексные соединения, аминокислоты, их соли и соединения, биологически активные вещества растительного происхождения, содержащие флавоноиды или флавогликаны, эфирные масла, экстракты трав, вытяжки из трав, органические кислоты и их производные). Большинство кормовых добавок разработано для улучшения молочной продуктивности, и содержат в себе смеси жирных кислот – 33 %, микроэлементы – 25 %, витамины – 21 %, экстракты и эфирные масла растений – 10 %, микроорганизмы – 10 %, аминокислоты – 9 %, комплекс органических кислот – 8 %.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Высокопродуктивное молочное животноводство сегодня невозможно представить без использования кормовых добавок (КД), являющихся источником как основных питательных веществ – белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов, так и веществ, регулирующих основной обмен – органических кислот, ферментов, а также обмен витаминов и минералов, дефицит которых неизбежно ведет к низкой продуктивности, высокой заболеваемости кетозом, ацидозом, гепатозом, а также бесплодию и выбраковке коров. На фоне расстройства обменных процессов в организме животных наблюдают иммунодефицитные состояния, способствующие развитию, в том числе, воспалительных процессов у взрослого поголовья (эндометрит, мастит, ламинит) и молодняка (бронхопневмонии), что приводит к увеличению затрат на лечебные и профилактические мероприятия на предприятии.

Сегодня основные сведения о кормовых добавках систематизированы в государственном реестре и представлены на официальном сайте Россельхознадзора РФ (https://galen.vetrf.ru/react/registry/feed/registry), при этом важную роль при их выборе имеют знания функционального значения биологически активных компонентов.

Цель – провести анализ и систематизацию, используемых в молочном животноводстве, биологически активных веществ (БАВ) для производства отечественных кормовых добавок.

Задача обзора: сбор информации о состоянии вопроса; анализ источников литературы отечественных и зарубежных авторов; систематизация и сравнение информации; обзор тенденций в развитии; выделение новых и перспективных направлений исследований

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS.

Поиск источников проводили в библиографических базах данных, в научных электронных библиотеках с поисковыми системами: Web of Science (http://www.webofscience.com); Scopus (https://www.scopus. com); eLIBRARY.RU (https://www.elibrary.ru); Viley Online Library (https://onlinelibrary.wiley.com); Pubmed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov). В качестве источников литературы были приняты научные статьи на английском и русском языках, всего проведен анализ 47 источников. В качестве ключевых слов использовали названия групп веществ, использованных в кормовых добавках.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Анализ Государственного реестра лекарственных средств для животных (2023 г.) показал, что общее количество зарегистрированных кормовых добавок для животных составляет 3696 наименований. Из этого числа 824 средства (22,9 % от общего количества) являются отечественной разработкой, а 2872 (77,1 %) – зарубежной. Большинство кормовых добавок разработаны для улучшения молочной продуктивности и содержат в себе смеси жирных кислот – 25 (33 %), витамины – 16 (21 %), микроэлементы – 19 (25 %), экстракты и эфирные масла – 9 (10 %), микроорганизмы – 9 (10 %), аминокислоты – 7 (9 %), а также комплекс органических кислот – 6 (8 %) (рис.1).

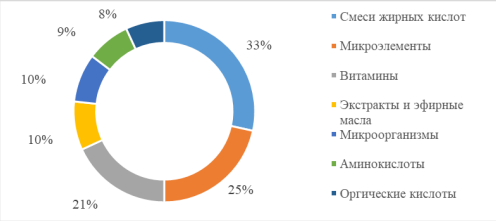


Рисунок 1 – Группы БАВ кормовых добавок.

Смеси жирных кислот. Пальмитиновая кислота составляет около 30 % жирных кислот в молоке и около 25 % жирных кислот в жировой ткани жвачных животных. Большая часть пальмитиновой кислоты в молоке синтезируется в молочной железе. Недавние исследования показали, что включение в рацион дойных коров 450 г/гол добавки в сутки, содержащей пальмитиновую кислоту (75 %), приводит к повышению молочного жира с 0,2 до 0,3 г и производству молока на 1,5 кг в день.

Содержание стеариновой кислоты в молочном жире составляет около 11 %, в жировой ткани – около 18 % от общего количества жирных кислот. Включение стеариновой кислоты в составе жировой добавки (50 %) от общего количества жирных кислот, приводит к повышению среднего удоя на 1 кг в день, процента жира на 0,1 г. Большинство исследований указывают на положительный прирост массы тела животных при использовании стеариновой кислоты в качестве источника энергии. Олеиновая кислота образуется в молочной железе из стеариновой, но источник последней – также тканевые резервы организма [39, 40].

Применение добавки изомеров линолевой кислоты у коров в первую половину лактации обеспечивает снижение синтеза липидов в секреторных клетках молочной железы на фоне сохранения уровня синтеза молочных белков. Этот прием может быть использован в практике кормления лактирующих коров для предотвращения чрезмерной мобилизации жира из его депо [41].

Продукты, содержащие в своем составе смеси жирных кислот, зарегистрированные в государственном реестре КД: МекоВит, Релиз, Рупрокол, Таймет, НЛ Т16, Нуфат С450, Нуфат, Инфлакс Липидс Палмфат С100, Энергия 85, Драйфат.

Микро- и макроэлементы. Микроэлементы, являясь структурными элементами ферментов, непосредственно оказывают влияние на функциональную их активность. Рядом исследователей доказано, что дополнительное включение в рацион животным микроэлементов в виде подкормки улучшает обменные процессы в организме, повышает продуктивность и сохранность животных [11].

Селен – мощный антиоксидант – относится к числу микроэлементов, которые в микродозах обязательно должны присутствовать в любом организме в составе селенопротеинов. Он входит в активные центры ферментов системы антиоксидантной защиты организма, метаболизма нуклеиновых кислот, липидов и гормонов. Источником биодоступного селена являются селеносодержащие пищевые дрожжи, крупномасштабное производство которых освоено отечественной промышленностью. Дефицит селена у животных вызывает беломышечную миодистрофию [12, 13].

Кобальт является важным микроэлементом, необходимым для жизнеобеспечения животных организмов, однако в избытке может быть токсичен. В живых организмах микроэлемент является одним из компонентов витамина В12. Биологическая роль кобальта заключается в его влиянии на кроветворение. Кобальт участвует в синтезе протопорфирина и железа, тем самым стимулируя выработку эритропоэтинов, увеличивает количество ретикулоцитов, способствует созреванию эритроцитов и предотвращает анемию. При его дефиците развивается гипопластическая анемия и гипокобальтоз. Кобальт также оказывает положительное действие на жизнедеятельность микроорганизмов желудочно-кишечного тракта, которые синтезируют ряд витаминов группы В. Микроэлемент стимулирует

процессы роста бактерий рубца жвачных. По данным исследований, при дефиците кобальта происходит торможение моторной и секреторной функции, замедляется регенерация клеток эпителия пищеварительного тракта [14, 15, 16].

Медь является компонентом многих ферментов, обладающих окислительно-восстановительной активностью, играет важную роль в метаболизме железа (в образовании гемоглобина и созревании эритроцитов), повышает усвоение белков и углеводов, участвует в синтезе коллагена, обеспечивает формирование соединительной ткани и поддержание ее структуры, росте костей, а также поддерживает эластичность стенок кровеносных сосудов, альвеол и кожи. Обладает выраженным противовоспалительным свойством, в том числе при аутоиммунных заболеваниях. Дефицит меди приводит к недостаточности медь-зависимых ферментов и проявляется в нарушениях деятельности нервной системы, депигментации кожи и гипоплазии соединительной ткани [17].

Цинк относится к эссенциальным микроэлементам, участвует во всех видах обмена веществ как компонент биохимических передатчиков нервных и эндокринных влияний – ферментов, гормонов, медиаторов и т.д. Функции, которые выполняет цинк в организме: утилизирует инсулин, оберегает от разрушения клетки поджелудочной железы; синтез и расщепление белков, жиров, углеводов. Обеспечивает активную деятельность лейкоцитов и антител, в результате этого защищает организм от возбудителей вирусных заболеваний. При дефиците цинка происходит замедление роста (карликовость), гипогонадизм, гепатоспленомегалия, анемия, значительное снижение уровня щелочной фосфатазы в крови [18, 19].

Йод активно участвует в обменных процессах организма, замедляет свертываемость крови, снижает уровень холестерина и бета-липопротеинов. Биологическая роль йода в организме связана с его участием в образовании гормонов щитовидной железы – трийодтиронина и тироксина. Йод и аминокислота тирозин являются главными компонентами синтеза тиреоидных гормонов. Йод и тиреоидные гормоны в антенатальный период участвуют в формировании центральной нервной системы, влияют на формирование иммунитета, становление органов и рост плода. В постнатальный период жизни йод и тиреоидные гормоны влияют на все виды обмена веществ, синтез РНК и белка, клеточную пролиферацию; повышают защитные механизмы организма к инфекционным болезням, злокачественным опухолям; усиливают всасывание железа; стимулируют эритропоэз. Дефицит йода приводит к нарушению функции щитовидной железы (гипотиреоз) нарушению функции центральной нервной системы и основного обмена веществ в организме. Дефицит гормонов щитовидной железы ухудшает процессы миелинизации, миграции и дифференцировки клеток в головном мозге плода [20, 21].

Марганец входит в структуру некоторых ферментов. Влияя на процессы карбоксилирования пировиноградной и оксалатоуксусной кислот в цикле Кребса, участвует в тканевом дыхании, что подтверждается быстрым накапливанием данного микроэлемента в митохондриях клеток печени. Марганец играет важную роль в процессах остеогенеза и эритропоэза, стимулирует рост и воспроизводительную функцию. При дефиците марганца у крупного рогатого скота отмечают снижение воспроизводительной функции у быков и выкидыши в первые месяцы стельности у коров, дистрофические изменения в печени, у телят – деформацию костяка, паралич и ненормальную подвижность языка. Добавка солей марганца к основному рациону коров ускоряет половую зрелость у животных, способствует своевременному наступлению течки и повышает процент оплодотворяемости коров [22].

Кальций – макроэлемент, принимает прямое участие в метаболических процессах и формировании костной ткани в организме. Он способствует обмену веществ, возбуждает нервные центры желу-

дочков сердца, вызывает сужение капилляров и повышает кровяное давление, положительно сказывается на продуктивности. Содержание кальция в сыворотке крови животных должно составлять около 2-3 ммоль/л. Дефицит макроэлемента способствует развитию остеопороза и ломкости костей, остеомаляции, у молодняка – рахита, у высокопродуктивных коров возникают клонико-тонические судороги (послеродовый парез) [23].

Продукты, содержащие в своем составе микро- и макроэлементы, зарегистрированные в государственном реестре кормовых добавок под названиями: Пектолит Плюс, Премикс Риндавит Экстра, Руминликс Кэттл, ЭКВИЛИБРИУМ, Премикс П 60-1, Ревива, Валопро, Валопро Е, Мико-Вит, Диетевит Флеш, Диетевит Тоник, Диетевит Старт, Премикс ПАНТО Минерал R 83, Нутемикс MS Энерджи, АКТИФОР Протект, Энкрипт, Висо®Кетликидо, Агроктима-Энерджи 2.0, Карбомилк Драй Плюс, Мегалак, Премикс "Кальвицин 2000® ATG", Алиплюс, Лакто Топ.

Витамины. Витамины – низкомолекулярные органические соединения, регулирующие обменные процессы в организме, отличающиеся химическим происхождением, большая часть которых не синтезируется в организме, а поступает извне с кормами [4, 5]. Существуют водорастворимые (витамины группы В, витамин С) и жирорастворимые витамины (витамины А, D, Е и К). Водорастворимые витамины в качестве коферментов большинства энзимов катализируют различные реакции в организме. Жирорастворимые витамины участвуют в неферментативных процессах организма, кроме витаминов К и А2, способность к накоплению в тканях организма может спровоцировать отравление [4]. Недостаточное поступление витаминов с кормами, приобретённые расстройства метаболизма или расстройства, нарушающие механизмы всасывания, высвобождения витаминов из кормов, транспорта их к тканям, вызывают гиповитаминозы у животных.

Витамин А – проявляет антиксерофтальмический эффект. Ретинол участвует в окислительно-восстановительных процессах, регуляции синтеза белков, способствует основному обмену веществ, функции клеточных и субклеточных мембран [8]. Витамин Е, или токоферол – мощный природный антиоксидант – предохраняет от окисления жиры и другие легко окисляемые соединения, задерживает окисление ненасыщенных жирных кислот, которые входят в состав мембран, в частности фосфолипидных слоев. При дефиците регистрируют маститы и эндометриты, снижение удоев, увеличение числа абортов, мертворождений и случаев задержания последа, у новорожденных телят – беломышечную болезнь [9]. Витамин Д – влияет на образование костной ткани. Подобно паратгормону усиливает резорбцию костной ткани и одновременно всасывание кальция в кишечнике. При дефиците витамина Д в кишечнике адсорбируется лишь 10-15 % кальция и 60 % фосфора. Кальциферол влияет на пролиферацию, дифференциацию и деление клеток. Модулирует активность иммунной системы, вызывает гибель раковых клеток. Источники витамина Д в продуктах: рыбий жир, мясо жирных рыб, печень, яичный желток [10]. Витамин Д образуется в коже под действием УФО.

Аскорбиновая кислота (Витамин С) – мощный антиоксидант, участвует в окислительно-восстановительных процессах в организме, в метаболизме нуклеиновых кислот, в синтезе стероидных гормонов, образовании коллагена, входящего в состав эндотелия сосудов и соединительной ткани, влияет на обмен серы и железа, инактивацию в организме токсинов. В организме животных аскорбиновая кислота при полноценном кормлении и полной обеспеченности витамином А синтезируется в необходимом количестве в печени и почках. Поэтому С-гиповитаминозы у животных возникают параллельно с А-гиповитаминозами. Дефицит витамина С приводит к ломкости стенок кровеносных сосудов, кровоизлияниям в коже, повышению заболеваемости респираторными

инфекциями [7]. Витамин РР – никотиновая кислота или ниацин – улучшает функцию печени, предотвращает кетоз и ожирение печени, увеличивает потребление сухого вещества корма, способствует снижению температуры тела за счёт расширения периферических сосудов. Это особенно важно при тепловом стрессе, из-за которого падает продуктивность и ухудшаются качественные параметры молока. Снижение вагинальной температуры улучшает воспроизводительные параметры. Витамины группы В входят в состав многих ферментов, которые ускоряют биохимические реакции в клетках животного организма, участвуют в обмене белков, жиров и углеводов. Синтезируются высшими растениями, бактериями и дрожжами, в том числе микрофлорой рубца жвачных животных. Недостаток витаминов группы В в кормах и рационах животных ведет к замедлению роста и развития молодняка, дерматитам, судорогам, нарушениям координации движений, параличам.

Продукты, содержащие в своем составе витамины, зарегистрированные в государственном реестре кормовых добавок под названиями: Бодривин, ВисоКетликидо, Аксион Старт, Диетевит Тоник, Премикс Риндавит Экстра, Пектолит Плюс, Ревива, Руминликс Кэттл, Эквилибриум, Премикс П 60-1, Диетевит Флеш, Гликосорб, Диетевит Старт.

Фитогеники/Фитобиотики (кормовые добавки растительного происхождения) – это природные биологически активные соединения растительного происхождения, используемые в кормлении животных. Фитогеники – оказывают влияние на процессы всасывания и усвоения основных питательных веществ корма животных, повышая секрецию и моторику желудочно-кишечного тракта, стимулируя процессы переваривания корма. Фитобиотики – содержат биологически активные вещества, снижающие процент условно-патогенных микроорганизмов в преджелудках и кишечнике животных, вызывая антибиотический эффект. Как правило, одни и те же биологически активные вещества растений обладают суммой этих эффектов. Опыт прошедших лет в развитых странах показал, что фитобиотики могут быть успешным решением в качестве замены кормовых антибиотиков в рационе питания животных. Так, доказано значительное улучшение перевариваемости клетчатки у лактирующих коров голштинской породы, получавших эфирное масло кориандра. Применение натуральных продуктов, таких как эфирные масла, биофлавоноиды и дубильные вещества, улучшают производственные показатели молочных коров и снижении выработки ими метана [29]. Эфирные масла тимьяна и корицы, в виде кормовой добавки, улучшают ферментацию в рубце за счет снижения доли ацетата и увеличения производства пропионата, поэтому полезны в качестве модификаторов рубцовой ферментации [30]. Такими же свойствами обладают экстракты имбиря, полыни и чеснока [32]. Растения, богатые флавоноидами (зеленый чай) и антоцианами (жом и мезга фруктов и ягод после переработки на сок), имбирь и куркума обладают антиоксидантными свойствами. Маклея сердцевидная, содержащая изохинолиновые алкалоиды обладает седативным, противомикробным и противовоспалительным действием [31]. Ежедневное добавление семян горчицы и тмина улучшает перевариваемость питательных веществ, ферментацию в рубце и надой молока [34]. Добавление экстракта виноградной косточки улучшает эффективность корма и перевариваемость, повышает содержание бутирата в рубце, антиоксидантную активность и иммунные реакции у телят [35].

Продукты, включающие в себя растительное сырье, зарегистрированы под названиями: Бронхимакс 11%, АКТИФОР Протект, Актифор Пауэр, ГербаМас, Сильвафид Байпро, Валопро, Диастатин, Аксион Старт, Агроктима-Энерджи 2.0.

Пре- и пробиотики. Микробиоценоз пищеварительного тракта животного является важнейшей экосистемой, необходимой для поддержания гомеостаза организма. Любое нарушение микробиоцено-

за приводит к нарушению функций систем организма. Пробиотические препараты обладают профилактическим эффектом, способствуют восстановлению кишечного микробиоценоза после применения антибиотиков и иных лекарственных средств, снижают отрицательное действие токсинов. *Bacillus subtilis* или сенная палочка – вид грамположительных спорообразующих аэробных бактерий, представителей рода *Bacillus*. Введение в рацион кормления телят пробиотика на основе *B. subtilis* положительно влияло на процессы белкового, липидного и минерального обменов в организме животных. Данные исследований свидетельствуют об интенсификации микробиологических процессов в преджелудках и усилении синтетической деятельности микрофлоры рубца, оказывают положительное влияние на молочную продуктивность и контролируемые показатели качества молока [24, 25]. Микроорганизмы *Lactobacillus sobrius* или *Lactobacillus paracasei* ограничивают кишечную колонизацию патогенной кишечной палочкой [26, 27]. Продукты ферментации грибковых культур *Aspergilus* (целлюлазы, ксиналазы, амилазы, фитазы) улучшают фибролиз (растворение клетчатки) в рубце, так как стимулируют рост и развитие фибролитических бактерий. Подтверждено, что добавление *Aspergillus oryzae* к пропаренной кукурузе привело к увеличению процентного содержания белка и сухих обезжиренных твёрдых веществ в молоке. Сообщается об аналогичном улучшении показателей, включая конечную массу тела, среднесуточный прирост, общий прирост на рационах, скармливаемых ягнятам, с добавлением *Pediococcus acidilactici* и пробиотика *Pediococcus pentosaceus* во время фазы отлучения от матери. Сухие дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* благоприятно действуют на рубцовую микрофлору, вследствие их способности увеличивать рост бактерий, утилизирующих молочную кислоту, а также рост популяций целлюлозолитических бактерий. Добавление дрожжевого пробиотика *S. cerevisiae* улучшает выработку молока на 23 % у коров [27].

Распространенным приемом в кормлении высокопродуктивных молочных коров является дополнение рационов экзогенными фибролитическими ферментами – целлюлазами, ксиланазами и т.д., которые продуцируют штаммы грибов-продуцентов *Trichoderma longibrachiantum, Trichoderma reesei, Aspergillus niger, Aspergillus oryzae*, что улучшает добровольное потребление кормов и усвояемость питательных веществ рациона, и продуктивность животных [28].

Продукты, содержащие пре- и пробиотики, зарегистрированы в государственном реестре под названиями – Изистим, Колеис, Сила Прайм, Премикс Риндавит Экстра, Карбомилк Драй Плюс, Премикс "Риндавит ASS-CO ATG", Глобиген Диа Стоп, Ацетона Энергия.

Аминокислоты. Качество белков корма напрямую зависит от его аминокислотного состава. На сегодняшний день известно более 100 аминокислот, но в кормлении сельскохозяйственных животных особое значение имеют только 20 из них. Аминокислоты подразделяют на заменимые (аланин, аспарагин, аспартат, глутамин, глутамат, глицин, пролин, серин, цистеин и тирозин), синтезируемые в организме, и незаменимые (валин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, фенилаланин, триптофан, лизин, гистидин), не синтезируемые в организме и поступающие только с кормами. Аминокислоты не только служат основными строительными блоками при образовании жизненно важных белковых молекул и структур, но и являются незаменимыми регулято-рами и активными участниками физиологических процессов. Недостаточное количество в рационе какой-либо незаменимой ами-нокислоты негативно отражается на росте, формировании и развитии молодого организма [1, 3]. *Лизин* – необходим для образования всех белковых веществ в организме, для роста, развития и поддержания азотного баланса. Участвует в образовании антител, гормонов, ферментов, восстановлении поврежденных тканей. Дефицит приводит к

энзимной недостаточности, анемии, покраснению глаз, вы-падению волос/шерсти, недостатку энергии, потере аппетита и снижению массы тела. DL-метионин – обладает полифункциональными свойствами, способствуя эффективному рас-щеплению молекул жира, участвует в синтезе таурина и цистеина. Его применяют при гепатодистрофии, мышечной слабости, для защиты организма от радиа-ции и токсичных веществ. *Метионин* является сильным антиоксидантом и источником серы для серосодержащих ферментов. Дефицит приводит к нарушению обмена веществ и жировой дистрофии печени. *Бетаин* – поддерживает осмотическое давление в клетках, регулируя водный баланс и сохраняя обменную энергию в организме. Улучшает работу желудочно-кишечного тракта, повышает усвояемость корма, способствует уменьшению спада продуктивности в стрессовых условиях. Бетаин также выполняет роль донора метильных групп ферментов, но лучше, чем метионин и холин. *Гистидин* - необходим для нормального функционирования спинного мозга и нервной системы, для образования эритроцитов и лейкоцитов, способствует защите организма от радиационных повреждений, способствует выведению тяжелых металлов. *Аргинин* – является активным стимулятором соматотропина – гормона роста, является предшественником эндогенного оксида азота, обладающего сосудорасширяющими свойствами, способствует восстановлению поврежден-ных тканей, уменьшению количества жира в организме, стимулирует функции поджелудочной железы, стимулирует процессы остео- и коллагенеза [2,3]. *Изолейцин* – необходим для образования гемоглобина, регуляции содержания сахара в крови и поддержания метаболизма мышц; способствует получению энергии и повышению выносливости [3]. *Карнитин* – повышает процессы кетогенеза в печени и в то же время стимулирует окисление кетонов в периферийных тканях, приводит к снижению концентрации кетонов в плазме крови, оказывает нейротрофическое, липотропное, антистрессовое и антитоксические действия [47]. *Фенилаланин* – выполняет функцию строительного блока белков, играет значительную роль в синтезе инсулина, папаина и меланина, способствует выведению почками и печенью продуктов метаболизма из организма, секреторной функции поджелудочной железы и печени, участвует в образовании тироксина [2].

Продукты, содержащие аминокислоты: Эквилибриум, Мековит, Пектолит плюс, Энерджи-топ, Таймет, Метио-бай 30, Нутри-мет 50с, Релиз.

Органические кислоты. В комплексе органические кислоты обладают подкисляющим, фунгицидным, бактерицидным и бактериостатическим действиями, а также ярко выраженным пребиотическим эффектом. Так *муравьиная кислота* среди карбоновых кислот обладает самым сильным и ярко выраженным антибактериальным действием – это естественный продукт клеточного метаболизма. Она образуется при расщеплении некоторых аминокислот, а также из метанола и формальдегида. При потреблении с кормом большая часть муравьиной кислоты легко всасывается и метаболизируется. Выпойка телят молоком, сквашенным муравьиной кислотой, позволяет предотвратить развитие большей части патогенной микрофлоры, что дает возможность обеспечивать профилактику диспепсии [36, 37]. *Пропионовая кислота* – самая эффективная органическая кислота, действующая против патогенных грибов и дрожжей (фунгицидное действие). Обладает также антибактериальным действием (на уровне 35 % от муравьиной кислоты). *Молочная кислота* эффективна против бактерий, улучшает вкусовые качества корма, обладает выраженным пробиотическим действием. *Аскорбиновая кислота* обладает эффективным иммуностимулирующим и антистрессовым действием, активизирует синтез антител, способствует фагоцитозу, повышает устойчивость организма к инфекциям. *Лимонная кислота*, являясь главным промежуточным продуктом метаболического цикла трикарбоновых кис-

лот, играет важную роль в системе биохимических реакций клеточного дыхания. Сама кислота и еѐ соли широко используются как вкусовая добавка, регулятор кислотности и консервант в пищевой промышленности. Лимонная кислота обладает хорошей подкисляющей способностью и сильным антибактериальным действием (ее эффективность в этом аспекте составляет 50 % от муравьиной кислоты). Кроме того, она оказывает антистрессовое действие, является катализатором обмена веществ [**36].**

Продукты, содержащие органические кислоты, зарегистрированы в государственном реестре для повышения молочной продуктивности коров: Бронхимакс 0.1%, ВисоКет-ликидо, Гликосорб, ГербаМас, Карбомилк Драй Плюс,Энерджи-Топ, Мегабуст Румен, Пектолит Плюс, Лакто Энергия NL, Лакто Малиат Энергия.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В настоящее время Российский рынок кормовых добавок представлен, в основном, разработками зарубежных компаний – из 3696 наименований 22,9 % являются отечественной разработкой 77,1 % – зарубежной. Кормовые добавки для молочного животноводства представлены 1295 наименованиями продуктов, что составляет 35 % от общего числа. По цели применения кормовые добавки для крупного рогатого скота классифицируют на группы: для повышения продуктивности (энергетические кормовые добавки, многокомпонентные кормовые добавки, органические кислоты и их производные, ароматические и вкусовые кормовые добавки, макро-и микроэлементы и их комплексные соединения, витамины и их производные, биологически активные вещества растительного происхождения, содержащие флавоноиды или флавогликаны, эфирные масла, экстракты трав, вытяжки из трав, ферменты, пребиотики, биологически активные белковые вещества, аминокислоты, их соли и соединения), для сохранности молодняка (витамины и их производные, 1 энергетические кормовые добавки, пребиотики, многокомпонентные кормовые добавки, макро-и микроэлементы и их комплексные соединения, аминокислоты, их соли и соединения, биологически активные вещества растительного происхождения, содержащие флавоноиды или флавогликаны, эфирные масла, экстракты трав, вытяжки из трав, органические кислоты и их производные). Большинство кормовых добавок разработано для улучшения молочной продуктивности, и содержат в себе смеси жирных кислот – 33 %, микроэлементы – 25 %, витамины – 21 %, экстракты и эфирные масла растений – 10 %, микроорганизмы – 10 %, аминокислоты – 9 %, комплекс органических кислот – 8 %.

BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF FEED ADDITIVES FOR DAIRY FARMING AND MODERN ASSORTMENT OF PRODUCTS BASED ON THEM

Boyko T.V. – Dr. of Veterinary Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Diagnostics, Internal Non-Communicable Diseases, Pharmacology, Surgery and Obstetrics; **Ogurnaya Yu.E.** – postgraduate student; **Kamaltinova K.N.** – postgraduate student.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin”

*tv.boyko@omgau.org

ABSTRACT

The article presents the results of the analysis of the register of feed additives developed for cows, as well as a brief description of the main groups of biologically active substances used in their production. The search for sources was carried out in bibliographic databases, in scientific electronic libraries with search engines: Web of Science (http://www.webofscience.com); Scopus (https:// www.scopus. com); eLIBRARY.RU (https://www.elibrary.ru); Viley Online Library (https:// onlinelibrary.wiley.com); Pubmed (https:// pubmed.ncbi.nlm.nih.gov). Scientific articles in English and Russian were accepted as

sources of literature. The names of groups of substances of feed additives were used as keywords. The analysis showed that the Russian market of feed additives is represented mainly by the developments of foreign companies - out of 3696 items, 22.9% are domestic developments, 77.1% are foreign. Feed additives for dairy farming are represented by 1295 product names, which is 35% of the total number. According to the purpose of use, feed additives for cattle are classified into groups: for increasing productivity (energy feed additives, multicomponent feed additives, organic acids and their derivatives, aromatic and flavor feed additives, macro- and microelements and their complex compounds, vitamins and their derivatives, biologically active substances of plant origin containing flavonoids or flavoglycans, essential oils, herbal extracts, herbal extracts, enzymes, prebiotics, biologically active protein substances, amino acids, their salts and compounds), for the safety of young animals (vitamins and their derivatives, 1 energy feed additives, prebiotics, multicomponent feed additives, macro- and microelements and their complex compounds, amino acids, their salts and compounds, biologically active substances of plant origin containing flavonoids or flavoglycans, essential oils, herbal extracts, herbal extracts, organic acids and their derivatives). Most feed additives are designed to improve milk productivity and contain mixtures of fatty acids – 33%, microelements – 25%, vitamins – 21%, plant extracts and essential oils – 10%, microorganisms – 10%, amino acids – 9%, and a complex of organic acids – 8%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Лаврентьев Анатолий Юрьевич Влияние использования L-лизин монохлоргидрата кормового в рационах молодняка свиней на рост, развитие и затраты кормов // Вестник Ульяновской ГСХА. 2014. №2 (26). 2.Каримова Марворит Олимовна, Иргашев Талибжон Абиджанович, Байгенов Фарух Назармамадович, Косилов Владимир Иванович, Ребезов Максим Борисович Метаболизм незаменимых аминокислот в организме телят под влиянием кормовой добавки // Известия ОГАУ. 2020. №4 (84).

3.Кудряшева Александра Андреевна, Преснякова Ольга Петровна Медико-биологические особенности натуральных пищевых аминокислот // Пищевая промышленность. 2014. №3.

4.Щербина, Д. В. Витамины в организме человека / Д. В. Щербина, А. А. Савинова // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков: сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, Москва, 30 декабря 2022 года. – Москва: Алеф, 2022. – С. 209-212.

5.Захарченко Анжелика Евгеньевна, Лазовская Виолетта Владимировна, Поддубная Полина Валентиновна ВИТАМИНЫ И ИХ РОЛЬ В ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ // E-Scio. 2021. №2 (53).

6.Биологическая роль витаминов / И. А. Долматова, Т. Н. Зайцева, В. Ф. Рябова, О. В. Горелик // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2020. – Т. 11, № 1. – С. 116-119.

7.Тимирханова Г. А., Абдуллина Г. М., Кулагина И. Г. Витамин с: классические представления и новые факты о механизмах биологического действия // Вятский медицинский вестник. 2007. №4.

8.Шамитова, Е. Н. Витамин А и его роль в организме человека / Е. Н. Шамитова, А. А. Серебрякова, А. А. Жукова // Международный студенческий научный вестник. – 2019. – № 3. – С. 15.

9.Разумовский Н., СОБОЛЕВ Д. Витамин Е-важный элемент питания // Животноводство России. – 2017. – №. 2. – С. 49.

10.Костюченко Лилия Альбертовна, Харитонова Наталья Сергеевна, Вдовин Вячеслав Михайлович Эффективность использования сочетанного витаминного комплекса: витамин д и витамин к (обзор литературы) // Бюллетень медицинской науки. 2018. №3 (11).

11.Микроэлементы: Естественная резистентность, продуктивность и развитие животных / С. А. Позов, В. А. Порублев, В. В. Родин, Н. Е. Орлова // Ветеринарный врач. – 2015. – № 3. – С. 57-60.

12.Третьяк Л. Н., Герасимов Е. М. Специфика влияния селена на организм человека и животных (применительно к проблеме создания селеносодержащих продуктов питания) // Вестник ОГУ. 2007. №12.
13.Микроэлемент селен: роль в процессах жизнедеятельности / И. В. Гмошинский, В. К. Мазо, В. А. Тутельян, С. А. Хотимченко // Экология моря. – 2000. – Т. 54. – С. 5-19.
14.Свиридов М.Л. Функции кобальта в организме сельскохозяйственных животных // Вестник науки. 2022. №1 (46).
15.Анна Шелестун, Татьяна Елисеева Кобальт (Co) – значение для организма и здоровья, где находится // Журнал здорового питания и диетологии. 2022. №20.
16.Султонова, С. Ф. Биологическая роль кобальта в организме / С. Ф. Султонова, И. И. Норов // Kimyo va tibbiyot: nazariyadan amaliyotgacha : Xalqaro ishtirok bilan respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallar to'plami, Buxoro, 07–08 октября 2022 года. – Buxoro: DURDONA, 2022. – С. 202-204.
17.Карнаухова И. В., Ширяева О. Ю. Исследование содержания меди и активности медь-зависимой супероксиддисмутазы в организме человека //Научное обозрение. Биологические науки. – 2018. – №. 2. – С. 10-14.
18.Зубовленко, Е. А. Цинк и его роль в организме / Е. А. Зубовленко // Научно-практическая конференция Южного федерального округа, посвященная 150-летию Периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева : Материалы лучших работ, Волгоград, 23 декабря 2019 года / Под общей редакцией В.В. Шкарина. – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2020. – С. 11-12.
19.Машанов, А. В. Значение микроэлемента цинка для организма человека и исследование цинксодержащих препаратов в условиях экспериментально-биологического моделирования (обзор) / А. В. Машанов, Г. Г. Юшков // Вестник Ангарской государственной технической академии. – 2009. – Т. 3, № 1. – С. 136-140.
20.Бегалиев, Ш. С. Биологическая роль йода в организме человека / Ш. С. Бегалиев, Р. М. Абдуллабекова // Актуальные проблемы современности. – 2017. – № 2 (16). – С. 201-204.
21.Свиридонова М. А. Дефицит йода, средства и развитие организма // КЭТ. 2014. №1.
22.Корочкина, Е. А. Влияние микроэлементов цинка, кобальта, йода, селена, марганца, меди на здоровье и продуктивные качества животных / Е. А. Корочкина // Генетика и разведение животных. – 2016. – № 3. – С. 69-73.
23.Савинова А. А., Фалынскова Н. П. Значение кальция в организме животного // Cognitio rerum. – 2021. – №. 5. – С. 6-9.
24.Влияние пробиотика на основе Bacillus subtilis на показатели обмена веществ и продуктивность у телят / Р. В. Некрасов, Н. И. Анисова, В. А. Девяткин [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2011. – № 4. – С. 84-91.
25.Кормовая добавка на основе эндо- и экзометаболитов Bacillus Subtilis - стимулятор молочной продуктивности коров / С. В. Малков, А. П. Порываева, Н. А. Верещак [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2020. – № 4. – С. 19-22. – DOI 10.33861/2071-8020-2020-4-19-22.
26.Буряков Н. П., Хардик И. В. Влияние кормовой добавки фибразы на молочную продуктивность и биохимические показатели крови лактирующих коров в период раздоя //Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 291. Ч. V/М.: Издательство РГАУ-МСХА. – 2019. – С. 55.
27.Дускаев Галимжан Калиханович, Левахин Георгий Иванович, Королёв Владимир Леонтьевич, Сиразетдинов Фарит Хамитович Использование пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2019. №1. -
28.Григорьев, Д. Ю. Влияние нового активатора рубцовой микрофлоры на молочную продуктивность коров / Д. Ю. Григорьев, Д. А. Пирогов, Д. В. Фризен // Молочное и мясное скотоводство. – 2020. – № 4. – С. 46-51.

29.Rossi CAS, Grossi S, Dell'Anno M, Compiani R, Rossi L. Effect of a Blend of Essential Oils, Bioflavonoids and Tannins on In Vitro Methane Production and In Vivo Production Efficiency in Dairy Cows. Animals (Basel). 2022 Mar 14;12(6):728.
30.Vakili AR, Khorrami B, Mesgaran MD, Parand E. The effects of thyme and cinnamon essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in holstein calves consuming high concentrate diet. Asian-Australas J Anim Sci. 2013 Jul;26(7):935-44.
31.Тимофеев Н. П. Фитобиотики в мировой практике: виды растений и действующие вещества, эффективность и ограничения, перспективы (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22 (6):804-825.
32.Kim, E. T., Kim, C. H., Min, K. S., & Lee, S. S. (2012). Effects of Plant Extracts on Microbial Population, Methane Emission and Ruminal Fermentation Characteristics in In vitro. Asian-Australasian journal of animal sciences, 25(6), 806–811.
33.Некрасов Р. В., Головин А. В., Махаев Е. А., Аникин А. С., Первов Н. Г., Стрекозов Н. И., Мысик А. Т., Дуборезов В. М., Чабаев М. Г., Фомичев Ю. П., Гусев И. В. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: монография. Под ред. Р. В. Некрасова, А. В. Головина, Е. А. Махаева. М., 2018. 290 с.
34.Morsy, T. A., Kholif, A. E., Matloup, O. H., Abu Elella, A., Anele, U. Y., & Caton, J. S. (2018). Mustard and cumin seeds improve feed utilisation, milk production and milk fatty acids of Damascus goats. The Journal of dairy research, 85(2), 142–151.
35.Ma, J., Fan, X., Zhang, W., Zhou, G., Yin, F., Zhao, Z., & Gan, S. (2023). Grape Seed Extract as a Feed Additive Improves the Growth Performance, Ruminal Fermentation and Immunity of Weaned Beef Calves. Animals: an open access journal from MDPI, 13(11), 1876.
36.Кравченко, В. В. Влияние органических кислот на обмен веществ у животных / В. В. Кравченко, Л. Н. Скворцова, Е. А. Вопольская // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 219-220.
37.Евгений Шастак Муравьиная кислота – королева органических кислот // Эффективное животноводство. 2021. №3 (169).
38.Любых, Ю. Е. Современный ассортимент кормовых добавок, применяемых в ветеринарии для повышения молочной продуктивности коров / Ю. Е. Любых, Т. В. Бойко // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2023. – № 4(35). Государственный реестр лекарственных средств для ветеринарного применения [Электронный ресурс]. – URL: https://galen.vetrf.ru/#/
39.Дифференцирование насыщеных жирных кислот // Эффективное животноводство. – 2017. – № 6(136). – С. 32-33.
40.Каширина Л. Г., Антонов А. В., Плющик И. А. Влияние перекисного окисления липидов в организме лактирующих коров на качество молочного жира // Вестник РГАТУ. 2013. №3 (19).
41.Матвеев, В. А. Жирдепрессирующее действие добавки изомеров линолевой кислоты у коров сопряжено с постпрандиальным повышением уровня инсулина в крови и увеличением дыхательного коэффициента / В. А. Матвеев, Е. Л. Харитонов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2013. – № 1. – С. 44-50.
42.Любимов, А. И. Физиологические основы лактационной деятельности коров в экологических условиях Удмуртской Республики / А. И. Любимов, Е. М. Кислякова, И. В. Овчинникова // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2007. – № 2(34). – С. 156-157.
43.Ратошный Александр Николаевич, Солдатов Анатолий Алексеевич, Кононенко Сергей Иванович Профилактика нарушений обмена веществ у новотельных коров // Научный журнал КубГАУ. 2018. №136.

44.Холодова Марина Александровна, Холодов Олег Андреевич Перспективы развития отечественной отрасли молочного животноводства: прогнозы и тренды // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Гуманитарные и общественные науки. 2020. №1.
45.Чабаев Магомед Газиевич, Некрасов Роман Владимирович, Цис Елена Юрьевна Влияние различных уровней биологически активных веществ на молочную продуктивность, обменные процессы и показатели воспроизводства высокопродуктивных коров // Вестник Ульяновской ГСХА. 2018. №1 (41).
46.Маслюк Анна Николаевна, Бутузова Ирина Анатольевна Эффективность использования комплекса биологически активных веществ в кормлении коров // Известия ОГАУ. 2018. №6 (74).
47.Исследования острой токсичности препарата л-карнитин на лабораторных животных. Сабирзянова Л.И., Лунегов А.М., Коновалова Г.В., Токарь В.В.

REFERENCES

1. Lavrentiev Anatoly Yuryevich The effect of using L-lysine monochlorhydrate in feed rations of young pigs on growth, development and feed costs // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2014. No. 2 (26).
2. Karimova Marvorit Olimovna, Irgashev Talibzhon Abidzhanovich, Baigenov Farukh Nazarmamadovich, Kosilov Vladimir Ivanovich, Rebezov Maxim Borisovich METABOLISM OF ESSENTIAL AMINO ACIDS IN THE BODY OF CALVES UNDER THE INFLUENCE OF FEED ADDITIVE // Bulletin of the OGAU. 2020. No. 4 (84).
3. Kudryasheva Alexandra Andreevna, Presnyakova Olga Petrovna Medical and biological features of natural food amino acids // Food industry. 2014. No. 3.
4. Shcherbina, D. V. Vitamins in the human body / D. V. Shcherbina, A. A. Savinova // Development of science and practice in a globally changing world under risk conditions: collection of materials of the XV International scientific and practical conference, Moscow, December 30, 2022. - Moscow: Alef, 2022. - P. 209-212.
5. Zakharchenko Anzhelika Evgenievna, Lazovskaya Violetta Vladimirovna, Poddubnaya Polina Valentinovna VITAMINS AND THEIR ROLE IN METABOLISM // E-Scio. 2021. No. 2 (53).
6. Biological role of vitamins / I. A. Dolmatova, T. N. Zaitseva, V. F. Ryabova, O. V. Gorelik // Actual problems of modern science, technology and education. - 2020. - Vol. 11, No. 1. - P. 116-119.. (In Russ.)
7. Timirkhanova G. A., Abdullina G. M., Kulagina I. G. Vitamin C: classical ideas and new facts about the mechanisms of biological action // Vyatka Medical Bulletin. 2007. No. 4.
8. Shamitova, E. N. Vitamin A and its role in the human body / E. N. Shamitova, A. A. Serebryakova, A. A. Zhukova // International Student Scientific Bulletin. – 2019. – No. 3. – P. 15.
9. Razumovsky N., SOBOLEV D. Vitamin E is an important nutritional element // Animal Husbandry of Russia. - 2017. - No. 2. - P. 49. (In Russ.)
10. Kostyuchenko Liliya Albertovna, Kharitonova Natalya Sergeevna, Vdovin Vyacheslav Mikhailovich Efficiency of using a combined vitamin complex: vitamin D and vitamin K (literature review) // Bulletin of Medical Science. 2018. No. 3 (11).
11. Microelements: Natural resistance, productivity and development of animals / S. A. Pozov, V. A. Porublev, V. V. Rodin, N. E. Orlova // Veterinary doctor. - 2015. - No. 3. - P. 57-60.
12. Tretyak L. N., Gerasimov E. M. Specificity of the influence of selenium on the body of humans and animals (in relation to the problem of creating selenium-containing food products) // Bulletin of OSU. 2007. No. 12. 13. Microelement selenium: role in life processes / I. V. Gmoshinsky, V. K. Mazo, V. A. Tutelyan, S. A. Khotimchenko // Ecology of the sea. - 2000. - V. 54. - P. 5-19. (In Russ.)
14. Sviridov M. L. Functions of cobalt in the body of farm animals // Bulletin of science. 2022. No. 1 (46).
15. Anna Shelestun, Tatyana Eliseeva Cobalt

(Co) - importance for the body and health, where is it located // Journal of healthy nutrition and dietetics. 2022. No. 20.
16. Sultonova, S. F. Biological role of cobalt in the body / S. F. Sultonova, I. I. Norov // Kimyo va tibbiyot: nazariyadan amaliyotgacha: Xalqaro ishtirok bilan respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallar to'plami, Buxoro, October 07–08, 2022. – Buxoro: DURDONA, 2022. – pp. 202-204. (In Russ.)
17. Karnaukhova I.V., Shiryaeva O.Yu. Study of copper content and activity of copper-dependent superoxide dismutase in the human body // Scientific review. Biological Sciences. – 2018. – No. 2. – pp. 10-14. (In Russ.)
18. Zubovlenko, E. A. Zinc and its role in the body / E. A. Zubovlenko // Scientific and practical conference of the Southern Federal District dedicated to the 150th anniversary of the Periodic Table of Chemical Elements by D.I. Mendeleyev: Materials of the best works, Volgograd, December 23, 2019 / Under the general editorship of V.V. Shkarin. - Volgograd: Volgograd State Medical University, 2020. - P. 11-12. (In Russ.)
19. Mashanov, A. V. The importance of the trace element zinc for the human body and the study of zinc-containing drugs under experimental biological modeling (review) / A. V. Mashanov, G. G. Yushkov // Bulletin of the Angarsk State Technical Academy. - 2009. - Vol. 3, No. 1. - P. 136-140. (In Russ.)
20. Begaliev, Sh. S. Biological role of iodine in the human body / Sh. S. Begaliev, R. M. Abdullabekova // Actual problems of our time. – 2017. – No. 2(16). – P. 201-204. (In Russ.)
21. Sviridonova M. A. Iodine deficiency, means and development of the organism // KET. 2014. No. 1.
22. Korochkina, E. A. The influence of trace elements zinc, cobalt, iodine, selenium, manganese, copper on the health and productive qualities of animals / E. A. Korochkina // Genetics and breeding of animals. - 2016. - No. 3. - P. 69-73. (In Russ.)
23. Savinova A. A., Falynskova N. P. The importance of calcium in the animal body // Cognitio rerum. - 2021. - No. 5. - P. 6-9. (In Russ.)
24. The influence of a probiotic based on Bacillus subtilis on metabolic parameters and productivity in calves / R. V. Nekrasov, N. I. Anisimova, V. A. Devyatkin [et al.] // Problems of biology of productive animals. - 2011. - No. 4. - P. 84-91. (In Russ.)
25. Feed additive based on endo- and exometabolites of Bacillus Subtilis - a stimulator of milk productivity of cows / S. V. Malkov, A. P. Poryvaeva, N. A. Vereshchak [et al.] // Veterinary science of Kuban. - 2020. - No. 4. - P. 19-22.
26. Buryakov N. P., Hardik I. V. Effect of the feed additive fibrose on milk productivity and biochemical parameters of the blood of lactating cows during the milking period // Reports of the Timiryazev Agricultural Academy: Collection of articles. Issue. 291. Part V / M.: Publishing House of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy. – 2019. – P. 55. (In Russ.)
27. Duskaev Galimzhan Kalikhanovich, Levakhin Georgy Ivanovich, Korolev Vladimir Leontyevich, Sirazetdinov Farit Khamitovich Use of probiotics and plant extracts to improve the productivity of ruminants (review) // Animal husbandry and forage production. 2019. No. 1.
28. Grigoriev, D. Yu. Effect of a new activator of rumen microflora on milk productivity of cows / D. Yu. Grigoriev, D. A. Pirogov, D. V. Friesen // Dairy and beef cattle breeding. - 2020. - No. 4. - P. 46-51. - 29. Rossi CAS, Grossi S, Dell'Anno M, Compiani R, Rossi L. Effect of a Blend of Essential Oils, Bioflavonoids and Tannins on In Vitro Methane Production and In Vivo Production Efficiency in Dairy Cows. Animals (Basel). 2022 Mar 14; 12 (6): 728.
30. Vakili AR, Khorrami B, Mesgaran MD, Parand E. The effects of thyme and cinnamon essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in holstein calves consuming high concentrate diet. Asian-Australas J Anim Sci. 2013 Jul;26(7):935-44.
31. Timofeev NP. Phytobiotics in world practice: plant species and active ingredients, efficiency and limitations, prospects

(review). Agrarian Science of Euro-North-East. 2021;22(6):804-825.
32. Kim, E. T., Kim, C. H., Min, K. S., & Lee, S. S. (2012). Effects of Plant Extracts on Microbial Population, Methane Emission and Ruminal Fermentation Characteristics in In vitro. Asian-Australasian journal of animal sciences, 25(6), 806–811.
33. Nekrasov R.V., Golovin A.V., Makhaev E.A., Anikin A.S., Pervov N.G., Strekozov N.I., Mysik A.T., Duborezov V.M., Chabaev M.G., Fomichev Yu.P., Gusev I.V. Norms of milk requirements cattle and pigs in nutrients: monograph. Ed. R. V. Nekrasova, A. V. Golovina, E. A. Makhaeva. M., 2018. 290 p.
34. Morsy, T. A., Kholif, A. E., Matloup, O. H., Abu Elella, A., Anele, U. Y., & Caton, J. S. (2018). Mustard and cumin seeds improve feed utilisation, milk production and milk fatty acids of Damascus goats. The Journal of dairy research, 85(2), 142–151.
35. Ma, J., Fan, X., Zhang, W., Zhou, G., Yin, F., Zhao, Z., & Gan, S. (2023). Grape Seed Extract as a Feed Additive Improves the Growth Performance, Ruminal Fermentation and Immunity of Weaned Beef Calves. Animals: an open access journal from MDPI, 13(11), 1876.
36. Kravchenko, V. V. Effect of organic acids on metabolism in animals / V. V. Kravchenko, L. N. Skvortsova, E. A. Vopolskaya // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26-30, 2016 / Responsible for the issue. A. G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. - P. 219-220. (In Russ.)
37. Evgeniy Shastak Formic acid – the queen of organic acids // Effective animal husbandry. 2021. No. 3 (169).
38. Lyubykh, Yu. E. Modern range of feed additives used in veterinary medicine to increase milk productivity of cows / Yu. E. Lyubykh, T. V. Boyko // Electronic scientific and methodological journal of Omsk State Agrarian University. - 2023. - No. 4
39. Differentiation of saturated fatty acids // Effective animal husbandry. - 2017. - No. 6 (136). - P. 32-33.
40. Kashirina L. G., Antonov A. V., Plyushchik I. A. Effect of lipid peroxidation in the body of lactating cows on the quality of milk fat // Bulletin of RSATU. 2013. No. 3 (19).
41. Matveev, V. A. Fat-suppressing effect of linoleic acid isomer supplementation in cows is associated with postprandial increase in blood insulin levels and an increase in the respiratory quotient / V. A. Matveev, E. L. Kharitonov // Problems of biology of productive animals. - 2013. - No. 1. - P. 44-50. (In Russ.)
42. Lyubimov, A. I. Physiological bases of lactation activity of cows in ecological conditions of the Udmurt Republic / A. I. Lyubimov, E. M. Kislyakova, I. V. Ovchinnikova // Bulletin of Izhevsk State Technical University. – 2007. – No. 2(34). – P. 156-157. (In Russ.)
43. Ratoshny Aleksandr Nikolaevich, Soldatov Anatoly Alekseevich, Kononenko Sergey Ivanovich Prevention of metabolic disorders in fresh cows // Scientific journal of KubSAU. 2018. No. 136.
44. Kholodova Marina Aleksandrovna, Kholodov Oleg Andreevich Prospects for the Development of the Domestic Dairy Farming Industry: Forecasts and Trends // Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Humanities and Social Sciences. 2020. No. 1.
45. Chabaev Magomed Gazievich, Nekrasov Roman Vladimirovich, Tsis Elena Yurievna The influence of various levels of biologically active substances on milk productivity, metabolic processes and reproduction indicators of highly productive cows // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2018. No. 1 (41).
46. Maslyuk Anna Nikolaevna, Butuzova Irina Anatolyevna Efficiency of using a complex of biologically active substances in feeding cows // Bulletin of the OGAU. 2018. No. 6 (74).
47. Studies of acute toxicity of the drug l-carnitine on laboratory animals. Sabirzyanova L.I., Lunegov A.M., Konovalova G.V., Tokar V.V. (In Russ.)

УДК: 616.36-07:619
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.177

ФАРМАКОКИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОФЕИНА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В КОНТЕКСТЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПЕЧЕНИ

Попова О.С. * – канд. ветеринар. наук, доц. каф. фармакологии и токсикологии (ORCID 0000-0002-0650-0837); **Понамарев В.С.** – канд. ветеринар. наук, ст. преп. каф. фармакологии и токсикологии (ORCID 0000-0002-6852-3110); **Кострова А.В.** – асп. каф. фармакологии и токсикологии; **Агафонова Л.А.** – соиск. каф. фармакологии и токсикологии.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*alef_z@mail.ru

Ключевые слова: *гепатобилиарная система, клиренс-тест, кофеин, крупный рогатый скот, диагностика, фармакокинетика.*

Keywords: *hepatobiliary system, clearance test, caffeine, cattle, diagnostics, pharmacokinetics.*

Благодарности: *Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00011, https://rscf.ru/project/23-26-00011*

Поступила: 06.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Ретроспективный анализ научной литературы свидетельствует о том, что предикторный потенциал кофеина в отношении оценки сохранности метаболической функции гепатобилиарной системы активно изучался на некоторых видах животных (лабораторные животные, лошади и пр.), однако подобные исследования являлись малочисленными и неоднозначными с точки зрения получения стабильного диагностического результата, что позволяет считать дальнейшее проведение подобного рода экспериментов перспективным. Основная цель данного исследования – выявить стандартные фармакокинетические параметры кофеина у клинически здоровых животных (крупный рогатый скот) с целью их дальнейшего использования в качестве отправной точки для дальнейшего изучения изменения этих параметров при различных патологиях гепатобилиарной системы. Исследования проводились в 2024 году в одном из животноводческих хозяйств Псковской области молочного направления, в экспериментах использовался голштинизированный крупный рогатый скот. У подопытных животных, предварительно получавших экзогенный кофеин, спустя 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18 и 24 часа у подопытных животных отбирали кровь путём венепункции ярёмной вены, после чего уровни кофеина определяли методом иммуноферментного анализа. Полученные данные подвергались статистической обработке посредством использования открытого ПО для расчёта фармакокинетических параметров («объём распределения», «общий плазменный клиренс» и «среднее время пребывания»). Получен-

ные фармакокинетические параметры, как и сами уровни кофеина, будут являться отправной точкой для дальнейших исследований, так как для выявления закономерностей изменения поведения динамического клиренс-теста с кофеином необходимо учитывать изменение данных показателей в сравнительном аспекте с животными с подтверждёнными гепатопатиями.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Большинство литературных источников[1-4] указывают на то, что метилксантины, и, в частности, кофеин (1,3,7-триметил-ксантин), являются наиболее релевантными химическими субстанциями для оценки функционального состояния печени in vivo посредством изучения их клиренса, что связано как с их минимальной способностью конъюгироваться с белками, так и способностью метаболизироваться, минуя механизмы энтерогепатической циркуляции. Несмотря на значительные возможности использования показателей клиренса кофеина как одного из базовых диагностических параметров, одной из главных трудностей в применении данного метода является широкое разнообразие фармакокинетических характеристик как между видами [5].

Ретроспективный анализ научной литературы свидетельствует о том, что предикторный потенциал кофеина в отношении оценки сохранности метаболической функции гепатобилиарной системы активно изучался на некоторых видах животных (лабораторные животные, лошади и пр.), однако подобные исследования являлись малочисленными и неоднозначными с точки зрения получения стабильного диагностического результата, что позволяет считать дальнейшее проведение подобного рода экспериментов перспективным [1,6].

Основная цель данного исследования – выявить стандартные фармакокинетические параметры кофеина у клинически здоровых животных (крупный рогатый скот) с целью их использования в качестве отправной точки для дальнейшего изучения изменения этих параметров при различных патологиях гепатобилиарной системы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводились в 2024 году в одном из животноводческих хозяйств Псковской области молочного направления, в экспериментах использовался голштинизированный крупный рогатый скот, средняя продуктивность – до 5,5 тыс. молока в год, возраст – 1 ±0,2 года.

Из животных, по принципу пар аналогов, была опытная (n=20) и интактная (n=20) группы, состоящие из разнополых животных. Интактная группа была введена в эксперимент с целью исключения ложноположительных результатов и перекрёстной чувствительности с другими метилксантинами. Все животные были стратифицированы по живой массе, условиям кормления и содержания. Основным критерием отбора также являлось отсутствие различных патологий путём физикального осмотра и клинико-биохимических параметров [7].

Опытным животным однократно вводился изотонический раствор кофеин-натрия бензоата (ООО «Мосагроген», Россия) в дозировке 5 мг/кг, так как данная дозировка является наиболее безопасной в токсикологичском отношении и наиболее репрезентативной в клиническом [8].

Спустя 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18 и 24 часа у подопытных животных отбирали кровь путём венепункции ярёмной вены, после чего уровни кофеина определяли методом иммуноферментного анализа по методике и с использованием тест-системы ИФА-Кофеин (производитель-Gold Standard Diagnostics, США) на стриповом ИФА-анализаторе Stat Fax 4700 (США).

Полученные данные подвергались статистической обработке посредством использования, открытого ПО для расчёта фармакокинетических параметров («объём распределения», «общий плазменный клиренс» и «среднее время пребывания») Lixoft Monolix (Lixoft, Фран-

ция) с использованием правила линейных трапеций, стремящихся к бесконечности.

Статистический анализ выполнялся с помощью дисперсионного анализа в сочетании с t-критерием Стьюдента посредством вышеуказанного ПО [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты концентраций кофеина в плазме крови и основных фармакокинетических параметров представлены в таблице 1. Интактная группа не представлена в таблице, так как наличие метилксантинов по итогам эксперимента не было детектировано.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что элиминация кофеина у крупного рогатого скота происходит последовательно и линейно.

Общий плазменный клиренс является одним из ключевых показателей, который определяет эффективность детоксикационной функции гепатобилиарной системы и сохранность происходящих в организме метаболических процессов. Он представляет собой скорость, с которой ксенобиотики удаляются из плазмы.

Среднее время пребывания вещества в организме динамику процессов и позволяет оценить, насколько эффективно экзогенное вещество взаимодействует с компонентами системы (в данном случае, детоксицирующей), а также его стабильность и устойчивость к изменениям внешних условий.

Объём распределения вещества – это ключевой параметр, играющий важную роль в понимании фармакокинетики, так как этот показатель обуславливает, как вещество распространяется в организме, включая его распределение в различных тканях и органах. Высокий объём распределения может указывать на значительное накопление вещества в тканях, что может приводить как к терапевтическому эффекту, так и к потенциальной токсичности. Напротив, низкий объём распределения часто свидетельствует о том, что вещество в основном остается в кровотоке, что может ограничить его клиническое применение.

Таблица 1 – Концентрация кофеина у подопытных животных и основные фармакокинетические параметры (дозировка – 5 мг/кг)

	Концентрация кофеина (в мкг/мл$^{-1}$)		Общий плазменный клиренс (мл/мин$^{-1}$/кг$^{-1}$)		Среднее время пребывания (ч)		Объём распределения (л/кг$^{-1}$)	
Т после введения / пол животных	♂(n=10)	♀ (n=10)	♂ (n=10)	♀ (n=10)	♂ (n=10)	♀ (n=10)	♂(n=10)	♀ (n=10)
1 час	7,14±0,42	7,23±0,55						
2 часа	6,18±0,26	6,26±0,38						
3 часа	5,58±0,31	5,43±0,41						
4 часа	4,71±0,37	4,59±0,39						
5 часов	3,92±0,47	3,82±0,38						
6 часов	3,16±0,54	3,29±0,42						
8 часов	2,84±0,28	2,91±0,57						
10 часов	2,53±0,39	2,46±0,24	**1,52 ±0,09**	**1,44 ±0,14**	**5,03 ± 0,22**	**4,88 ± 0,11**	**0,352 ±0,029**	**0,341 ±0,034**
12 часов	1,67±0,23	1,73±0,31						
18 часов	0,72±0,16	0,81±0,17						
24 часа	0,31±0,11	0,37±0,19						

** достоверное отличие между ♂ и ♀ (p< 0.05)*

Данные фармакокинетические параметры, как и сами уровни кофеина, будут являться отправной точкой для дальнейших исследований, так как для выявления закономерностей изменения поведения динамического клиренс-теста с кофеином необходимо учитывать изменение данных показателей в сравнительном аспекте с животными с подтверждёнными гепатопатиями.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Актуальность изучения предикторного потенциала клиренс-тестов экзогенных субстанций в ветеринарной медицине особенно возросла в последние годы в связи с увеличением заболеваемости животных и необходимостью мониторинга безопасности лекарственных препаратов. Клиренс-тесты позволяют оценить скорость, с которой организм животного выводит экзогенные вещества, в частности, ксенобиотики, что позволяет диагностировать гепатопатии различного генеза на латентных стадиях.

В рамках дальнейших исследований планируется разработка так называемых «кофеиновых» кривых (графиков, показывающих динамику выведения экзогенного кофеина в зависимости от времени и дозы) для крупного рогатого скота, которые позволят, анализируя вектор элиминации, делать выводы о функциональном состоянии печени. Это, в свою очередь, позволит получить статистически достоверную информацию для углубленного понимания прогностических возможностей, связанных с изменениями клиренса различных фармацевтических веществ.

PHARMACOKINETIC PARAMETERS OF CAFFEINE IN CATTLE IN THE CONTEXT OF LIVER FUNCTIONAL ASSESSMENT

Popova O. S. * – cand. Veterinary Sciences, Associate Professor of Pharmacology and Toxicology (ORCID 0000-0002-0650-0837); **Ponamarev V.S.** – PhD. Veterinary Sciences, Senior Professor of the Department of Pharmacology and Toxicology (ORCID 0000-0002-6852-3110); **Kostrova A.V.** – Assistant Professor of Pharmacology and Toxicology; **Agafonova L.A.** – Candidate of the Department of Pharmacology and Toxicology.

*alef_z@mail.ru

Acknowledgments: *The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-26-00011, https://rscf.ru/project/23-26-00011.*

ABSTRACT

A retrospective analysis of the scientific literature indicates that the predictive potential of caffeine in assessing the safety of the metabolic function of the hepatobiliary system has been actively studied in some animal species (laboratory animals, horses, etc.), but such studies were few in number and ambiguous in terms of obtaining a stable diagnostic result, which allows us to consider further experiments of this kind promising. The main objective of this study is to identify standard pharmacokinetic parameters of caffeine in clinically healthy animals (cattle) for their further use as a starting point for further study of changes in these parameters in various pathologies of the hepatobiliary system. The studies were conducted in 2024 in one of the livestock farms of the Pskov region of the dairy industry; Holsteinized cattle were used in the experiments. In experimental animals pre-treated with exogenous caffeine, after 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18 and 24 hours, blood was collected from the experimental animals by venipuncture of the jugular vein, after which caffeine levels were determined by enzyme immunoassay. The obtained data were statistically processed using open software for calculating pharmacokinetic parameters ("distribution volume", "total plasma clearance" and "mean residence time"). The obtained pharmacokinetic parameters, as well as the caffeine levels themselves, will be the starting point for further studies, since in order to identify patterns of change in the behavior of the dynamic clearance test with caffeine, it is necessary to take into account the change in these indicators in a comparative aspect with animals with susceptible hepatopathies.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Клиренс-тесты как метод диагностики патологий гепатобилиарной системы у животных / В. С. Понамарев, О. С. Попова, А. В. Кострова, Л. А. Агафонова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – Т. 24, № 6. – С. 924-938.

2.Количественная оценка функции печени методом клиренс-теста с индоцианином зеленым / И. И. Дзидзава, Б. Н. Котив, Д. П. Кашкин [и др.] // Трансплантология. – 2010. – № 1. – С. 30-37.

3.Оценка функций печени при ее обширных резекциях / Б. Н. Котив, И. И. Дзидзава, А. В. Слободяник [и др.] // Клиническая патофизиология. – 2013. – № 1-3. – С. 49-65.

4.Modern Methods for Assessing the Regenerative Potential of the Liver after Partial Hepatectomy (Review) / S. A. Rodimova, D. S. Kuznetsova, N. V. Bobrov [et al.] // Modern Technologies in Medicine. – 2019. – Vol. 11, No. 4. – P. 175-190. 5.Sodhi, Ja. K. Volume of Distribution is Unaffected by Metabolic Drug–Drug Interactions / Ja. K. Sodhi, C. H. Huang, L. Z. Benet // Clinical Pharmacokinetics. – 2021. – Vol. 60, No. 2. – P. 205-222.

6.Da Silva, L. A. Mechanisms and biological effects of Caffeine on substrate metabolism homeostasis: A systematic review / L. A. Da Silva, R. Osiecki, J. Wouk [et al.] // Journal of Applied Pharmaceutical Science. – 2017. – Vol. 7, No. 6. – P. 215-221.

7.Биохимия печени и лабораторная оценка ее физиолого-биохимического состояния: учебно-методическое пособие / О. С. Белоновская, А. А. Лисицына, Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2014. – 116 с.

8.JANUS, K., & ANTOSZEK, J. (2000). The effect of sex and age on caffeine pharmacokinetics in cattle. Research in Veterinary Science, 69(1), 33–37. 9.Лукьянова, Е. А. Биостатистика. Планирование исследований. Описание данных / Е. А. Лукьянова, Т. В. Ляпунова, Е. М. Шимкевич. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. – 32 с. – ISBN 978-5-209-10559-6.

REFERENCES

1. Clearance tests as a method for diagnosing hepatobiliary system pathologies in animals / V. S. Ponomarev, O. S. Popova, A. V. Kostrova, L. A. Agafonova // Agrarian science of the Euro-North-East. - 2023. - Vol. 24, No. 6. - P. 924-938.

2. Quantitative assessment of liver function by the indocyanine green clearance test / I. I. Dzidzava, B. N. Kotiv, D. P. Kashkin [et al.] // Transplantology. - 2010. - No. 1. - P. 30-37.

3. Evaluation of liver functions after extensive resections / B. N. Kotiv, I. I. Dzidzava, A. V. Slobodjanik [et al.] // Clinical pathophysiology. - 2013. - No. 1-3. - P. 49-65.

4. Modern Methods for Assessing the Regenerative Potential of the Liver after Partial Hepatectomy (Review) / S. A. Rodimova, D. S. Kuznetsova, N. V. Bobrov [et al.] // Modern Technologies in Medicine. - 2019. - Vol. 11, No. 4. - P. 175-190.

5. Sodhi, Ja. K. Volume of Distribution is Unaffected by Metabolic Drug–Drug Interactions / Ja. K. Sodhi, C. H. Huang, L. Z. Benet // Clinical Pharmacokinetics. – 2021. – Vol. 60, No. 2. – P. 205-222.

6. Da Silva, L. A. Mechanisms and biological effects of Caffeine on substrate metabolism homeostasis: A systematic review / L. A. Da Silva, R. Osiecki, J. Wouk [et al.] // Journal of Applied Pharmaceutical Science. – 2017. – Vol. 7, No. 6. – P. 215-221.

7. Biochemistry of the liver and laboratory assessment of its physiological and biochemical state: a teaching aid / O. S. Belonovskaya, A. A. Lisitsyna, L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta. - St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2014. - 116 p.

8. JANUS, K., & ANTOSZEK, J. (2000). The effect of sex and age on caffeine pharmacokinetics in cattle. Research in Veterinary Science, 69(1), 33–37.

9. Lukyanova, E. A. Biostatistics. Research planning. Data description / E. A. Lukyanova, T. V. Lyapunova, E. M. Shimkevich. – Moscow: Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), 2020. – 32 p.

ЗООГИГИЕНА, САНИТАРИЯ, КОРМЛЕНИЕ

УДК: 57.034:594.1:574.91
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.182

ИЗМЕНЕНИЕ СЕЗОННОГО ЦИКЛА ГОНАД ДРЕЙССЕНЫ ПРИ ЕЁ РАССЕЛЕНИИ НА СЕВЕР

Аршаница Н.М.[1*] – канд. биол. наук, вед. науч. сотр.; **Макрушин А.В.**[2] – д-р биол. наук, вед. науч. сотр.; **Кузьмин В.В.**[3] – гидролог; **Мыльникова М.А.**[4] – магистр.

[1] Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО»;
[2] Институт внутренних вод РАН;
[3] ООО НТЦ «Техноэкотон»;
[4] ФГБОУ ВО СПбГУВМ.

[*]negan94@yandex.ru

Ключевые слова: *дрейссена, распространение, биология, биологическое загрязнение, экологический ущерб, профилактика.*

Keywords: *dreissena, distribution, biology, biological pollution, environmental damage, prevention.*

Поступила: 10.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Экологическая роль дрейссены значительна и многообразна. Она составляет значительную роль в питании многих бентосоядных рыб, а также водоплавающих птиц. Расселение дрейссены в северных регионах России оказало влияние на биологию водоемов и негативное воздействие на систему охлаждения предприятий электро- и теплоэнергетики, включая АЭС (атомная электростанция) и прочее, вызывая серьезные помехи в их эксплуатации. В мире до сих пор не найдено дешевого и надежного метода борьбы с этим моллюском, используются механические и химические способы. Эффективность мероприятий против дрейссен в настоящее время явно недостаточны и связаны с механическими и химическими методами. Считается, что не хватает биологической составляющей, поскольку биология этого моллюска недостаточно изучена. Обследовались гонады у дрейссены из рыбинского водохранилища и водоемов охладителей Калининской АЭС. Моллюски отбирались в осенне-зимний период, когда водохранилище было подо льдом, а водоемы охладители льдом не покрываются в виду повышенного температурного режима. Применялась гистологическая методика. Моллюска фиксировали в 10 % формалине, толщина парафиновых срезов 7 мкм, окраска железным гематоксилином по Гейденгайму. Исследования, по исследованию сезонного цикла гонад дрейссены показали изменение сезонного цикла ее гаметогенеза в естественных водоемах, тогда как при изменении гидрологического режима, что характерно для водоемов охладителей Калининской АЭС, сезонный цикл гаметогенеза оказался иным. Эволюция на новой северной родине у дрейссен будет идти в направлении роста, приспособленности к среде обитания. Для этого через какое-то вре-

мя у них стадия посленерестового осеннего опустошения гонад, вероятно, восстановится. Время, затраченное на это восстановление, по длительности будет довольно длительным.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Дрейссена (Dreissena polymorpha Pallas, 1771) – двустворчатый моллюск, ведущий прикрепленный к подводным предметам образ жизни. Размер взрослой особи 4-5 см. Исходным местом ее обитания были пресные воды Балканского полуострова, а также солоноватые воды Каспийского, Азовского и Аральского морей, и устья впадающих в них рек. В XIX веке дрейссена расселилась на север по центральной и западной Европе, и Северной Америке, а также России. Во многих водоемах России она стала массовым видом, так, в Куйбышевском водохранилище ее биомасса колеблется от 0,65 до 303,0 г/м^2. Общие запасы ее в водохранилище равны сотням тысяч тонн в живом весе [1].

Экологическая роль дрейссены значительна и многообразна. Она составляет значительную роль в питании многих бентосоядных рыб, а также водоплавающих птиц. Этот моллюск, имеющий довольно совершенный фильтрационный аппарат, является уникальным природным биофильтром, очищающий воду от находящихся в ней взвесей разлагающих веществ. В ряде водоемов эффективность удаления взвесей достигает 100 % [2]. Не менее значимая ее роль в аккумуляции загрязняющих веществ органической и неорганической природы, включая металлы. Исследования по накоплению ряда металлов в рыбах и моллюсках (дрейссены и Unionidae) показали, что дрейссены накапливают больше меди и кадмия в 20 раз, свинца в 60 раз, цинка в 4 раза и тд [3].

Дрейссена по сравнению с другими двустворчатыми моллюсками более устойчива к загрязняющим веществам и эта ее особенность имеет большое значение в ее широком распространении по водоёмам [4].

Дрейссена обладает высоким кормовыми качествами. Положительный эффект отмечен при использовании Дрейссены при выращивании цыплят. Как кормовой объект хорошей питательной ценности, дрейссена может быть с успехом использована в рыбоводстве и птицеводстве, и, возможно, в других отраслях животноводства [1].

Отрицательное значение дрейссены связано с тем, что она вытесняет из экосистемы местные виды, снижая биоразнообразие и обедняя экосистему. Дрейссена – промежуточный хозяин 14 видов паразитов и эндосимбионтов, ее массовое развитие может осложнить эпизоотическую обстановку в водоеме [5].

Негативные воздействия дрейссены весьма значительны и связаны с влиянием на гидротехнические объекты, а также судоходство. Поселяясь на водозаборах, она затрудняет водоснабжение и ухудшает вкус питьевой воды.

Планктонные личинки дрейссены – велигеры, имеют очень малую величину – десятки микрон. Они беспрепятственно проникают в системы охлаждения через стенки фильтров и там создают ярусные поселения. Система охлаждения является неотъемлемой частью большинства технологических процессов предприятий электро- и теплоэнергетики, включая атомные электростанции. От эффективной работы системы охлаждения в значительной мере зависит надежность работы основного и вспомогательного оборудования, а через стоимость техобслуживания, и себестоимости продукции – тепловой и электрической энергии.

Поселение дрейссены осложняют эксплуатацию систем охлаждения. Они значительно сужают диаметр трубопроводов до полной их закупорки [6,7].

Биологические исследования дрейссены обобщены в сводке [8].

Показано, что на южной родине гонады дрейссены осенью и зимой пусты. Эта стадия цикла гонад – стадия осеннего посленерестового опустошения. В водоемах, расположенных севернее исходного места обитания дрейссены, цикл гонад

иной – стадия осеннего посленерестового опустошения отсутствует. Следовательно, гонады дрейссены, обитающие на новой северной родине весь год наполнены половыми клетками.

В мире до сих пор не найдено дешевого и надежного метода борьбы с этим моллюском, используются механические и химические способы. По нашему мнению, в профилактике воздействия на дрейссену должна быть биологическая составляющая применительно к каждому конкретному водоему и в этом направлении должны проводиться дальнейшие исследования.

Наши исследования связаны с исследованием сезонного цикла гонад дрейссены в водоемах с разными гидрологическими условиями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Обследовались гонады у дрейссены из рыбинского водохранилища и водоемов охладителей Калининской АЭС. Моллюски отбирались в осенне-зимний период, когда водохранилище было подо льдом, а водоемы охладители льдом не покрываются в виду повышенного температурного режима. Применялась гистологическая методика. Моллюска фиксировали в 10 % формалине, толщина парафиновых срезов 7 мкм, окраска железным гематоксилином по Гейденгайму.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исследование показало, что гонады дрейссены из Рыбинского водохранилища в осенне-зимний период наполнены половыми продуктами (сперматозоидами и ооцитами) (рис. 1, слева), тогда как по литературным данным [8] на своей родине в осенне-зимний период они пустые. Исследования, проведенные нами на акваториях водоемов охладителей Калининской АЭС уже в осенний период, они оказались пустыми (рис. 1, справа).

В доступной нам литературе исследований гаметогенеза из водоемов охладителей мы не обнаружили. Вероятно, такие исследования не проводились. Причиной наличия стадии осеннего посленерестового опустошения гонад, вероятно, температурный режим водоемов охладителей. Циклы гонад дрейссен с циклом сезонного изменения среды не согласован. Приспособление дрейссен к жизни на новой северной родине еще не завершилось. Дрейссены еще не полностью приспособились к жизни на севере. Об этом говорит то, что в подогреваемых водоемах – охладителях стадия осеннего опустошения гонад есть, а в водоемах, расположенных к северу от южной родины дрейссен их нет.

Однако дрейссена успешно заселила новые водоемы и вытесняет местные виды. Причина на наш взгляд следующая. На своей прежней южной родине дрейссены жили в нестабильных условиях [9]. Там они выработали системы адаптации превосходящую по своей эффективности систему адаптации многих видов аборигенов своей новой родины.

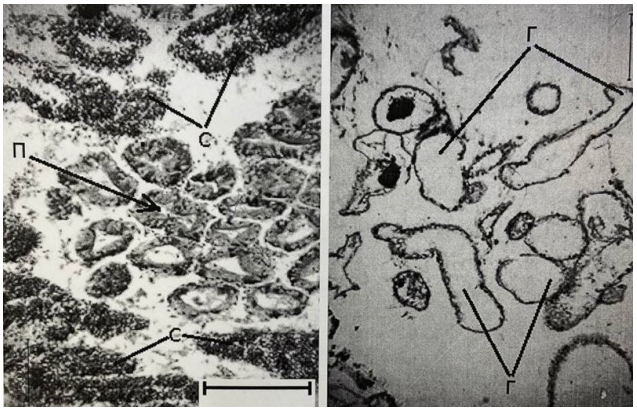


Рисунок 1 – Гонады Dreissena polymorpha. Слева: моллюск Рыбинского водохранилища. Справа: моллюск из охладителя Калининской АЭС. Обозначения: С – семенники, П – печень, Г – гонады.

Эволюция на новой северной родине у дрейссен будет идти в направлении роста, приспособленности к среде обитания. Для этого через какое-то время у них стадия посленерестового осеннего опустошения гонад, вероятно, восстановится. Время, затраченное на это восстановление, по длительности будет довольно длительным.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Вселение дрейссены в северном направлении привело к изменению сезонного цикла ее гаметогенеза.

Вселение её в водоемы-охладители Калининской АЭС вызвало возрождение исходного сезонного цикла, который был у нее на ее южной родине. Это возрождение говорит о том, что дрейссены еще не полностью приспособились к жизни к новым условиям, и температурный фактор оказался решающим в конкретных условиях.

CHANGES IN THE SEASONAL CYCLE OF THE ZEBRA MUSSEL GONADS DURING ITS EXPANSION NORTH

Arshanitsa N.M. – Senior Researcher at the Laboratory of Fisheries Ecology, Candidate of Biological Sciences,; **Makrushin A.V.** – Senior Researcher, Doctor of Biological Sciences; **Kuzmin V.V.** – Hydrologist; **Mylnikova M.A.** – Master

[1] St. Petersburg branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography;

[2] Institute of Internal Waters of the Russian Academy of Sciences;

[3] NTC Technoecoton LLC;

[4] FGBOU VO SPbGUVM.

*negan94@yandex.ru

ABSTRACT

The ecological role of the zebra mussel is significant and diverse. It plays a significant role in the nutrition of many benthic-eating fish, as well as waterfowl. The settlement of the zebra mussel in the northern regions of Russia has affected the biology of water bodies and had a negative impact on the cooling system of electric and thermal power plants, including nuclear power plants (atomic power plants), etc., causing serious interference in their operation. In the world, a cheap and reliable method of combating this mollusk has not yet been found; mechanical and chemical methods are used. The effectiveness of measures against zebra mussels is currently clearly insufficient and is associated with mechanical and chemical methods. It is believed that there is a lack of a biological component, since the biology of this mollusk has not been sufficiently studied. The gonads of the zebra mussel from the Rybinsk reservoir and the cooling ponds of the Kalinin NPP were examined. The mollusks were collected in the autumn-winter period, when the reservoir was under ice, and the cooling ponds are not covered with ice due to the increased temperature regime. Histological methods were used. The mollusk was fixed in 10% formalin, the thickness of the paraffin sections was 7 μm, stained with iron hematoxylin according to Heidenheim. Studies on the study of the seasonal cycle of the gonads of the zebra mussel showed a change in the seasonal cycle of its gametogenesis in natural reservoirs, whereas with a change in the hydrological regime, which is typical for the cooling ponds of the Kalinin NPP, the seasonal cycle of gametogenesis turned out to be different. Evolution in the new northern homeland of the zebra mussel will go in the direction of growth, adaptation to the habitat. For this, after some time, their stage of post-spawning autumn depletion of the gonads will probably be restored. The time spent on this restoration will be quite long in duration.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Ахметзянова Н.Ш., Егоров Ю.Е. Значение моллюска дрейссены как природного биофильтра и кормового объекта// Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб: тезисы докладов Международной конференции, 20-23 апреля 2010 г. СПб, 2010. С. 15-17.

2.Лукашев Д.В. Фоновое содержание тяжелых металлов в двустворчатых моллюсках украинского участка р. Десны. Гидробиологический журнал. 2011., т. 47,

№ 3. С. 17-24.
3.Аршаница Н.М., Беляев Д.С. Загрязнение металлами рыбохозяйственных водоемов // Международный вестник ветеринарии, 2018, № 2. С-73-82.
4.Асанова Т.А., Аршаница Н.М. Результаты гистопатологического и химического обследования пищеварительной железы моллюсков сем. Unionidae (Bivalvia, Mollusca) из оз. Ильмень и р. Волхов, возможность их использования в биологической оценке качества вод // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015, № 1. С. 178-182.
5.Пряничникова Е.Г. Дрейссена – промежуточный хозяин 14 видов паразитов и эндосимбионтов. Сравнительный анализ структуры сообществ двух видов дрейссенид и фауны их эндосимбионтов в условиях верхневолжских водохранилищ// Биология внутр. вод. – 2011, № 2. С. 57-64.
6.Орлова М.И., Строгова Е.В., Досмедов И.Х., Кузьмин В.В. Предупреждение и борьба с биообрастанием в системах технического водоснабжения, как олин из аспектов безопасности эксплуатации АЭС: ШАГ 1 – обновление системы биолого-химического мониторинга (БХМ). МНТК Десятая международная научно-техническая конференция «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики». Тезисы докладов. 25-27 мая, 2016, М., «Росэнергоатом»: 172-174.
7.Макрушин А.В. Опыт биоиндикации загрязнения пресных вод по результатам гистопатологического обследования печени моллюсков // Биология внутренних вод. 1998, №3. С. 90-94.
8.Львова А.А., Макарова Г.Е., Гаметогенез и репродуктивный цикл Dreissena polymorph (Pall), систематика, экология и практическое значение. Серия: «Виды фауны России и сопредельных стран». Наука, М. 1994 – с. 138-148.
9.Мордухай-Болтовской Ф.Д. Процесс распространения Каспийской фауны в современную эпоху// Проблемы зоогеографии суши под редакцией А.Г. Воронова и др. Львов; изд-во Львовского университета, 1958 – с. 173-183.

REFERENCES

1. Akhmetzyanova N.Sh., Egorov Yu.E. The Importance of the Dreissena Mollusk as a Natural Biofilter and Food Object // Reproduction of Natural Populations of Valuable Fish Species: Abstracts of the International Conference, April 20-23, 2010. St. Petersburg, 2010. Pp. 15-17.
2. Lukashev D.V. Background Content of Heavy Metals in Bivalve Mollusks of the Ukrainian Section of the Desna River. Hydrobiological Journal. 2011., Vol. 47, No. 3. Pp. 17-24.
3. Arshanitsa N.M., Belyaev D.S. Pollution of Fishery Water Bodies with Metals // International Veterinary Bulletin, 2018, No. 2. Pp. 73-82.
4. Asanova T.A., Arshanitsa N.M. Results of histopathological and chemical examination of the digestive gland of mollusks of the family Unionidae (Bivalvia, Mollusca) from Lake Ilmen and the Volkhov River, the possibility of their use in biological assessment of water quality // Issues of legal regulation in veterinary medicine. 2015, No. 1. P. 178-182.
5. Pryanichnikova E.G., et al. Dreissena is an intermediate host of 14 species of parasites and endosymbionts. Comparative analysis of the community structure of two species of dreissenids () and the fauna of their endosymbionts in the conditions of the Upper Volga reservoirs // Biology of inland waters. - 2011, No. 2. P. 57-64.
6. Orlova M.I., Strogova E.V., Dosmedov I.Kh., Kuzmin V.V. Prevention and control of biofouling in technical water supply systems as one of the aspects of NPP operation safety: STEP 1 – updating the biological and chemical monitoring (BCM) system. MNTK Tenth International Scientific and Technical Conference "Safety, Efficiency and Economy of Nuclear Power". Abstracts of reports. May 25-27, 2016, Moscow, "Rosenergoatom": 172-174.
7. Makrushin A.V. Experience of bioindication of fresh water pollution based on the results of histopathological examination of the liver of mollusks // Biology of inland waters. 1998, No. 3. P. 90-94.
8. Lvova A.A., Makarova G.E., Gametogen-

esis and reproductive cycle of Dreissena polymorph (Pall), systematics, ecology and practical significance. Series: "Fauna species of Russia and adjacent countries". Science, M. 1994 – pp. 138-148.

9. Mordukhai-Boltovskoy F.D. The process of distribution of the Caspian fauna in the modern era // Problems of land zoogeography edited by A.G. Voronov et al. Lvov; Lvov University Press, 1958 – pp. 173-183.

УДК: 543.422.3-74:637.12.04/.05
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.188

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ В СРЕДНЕМ ДИАПАЗОНЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЛАМИНА В МОЛОКЕ

Калюжная Т.В.* – канд. ветеринар. наук, доц. каф. ветеринарно-санитарной экспертизы, доцент (ORCID 0000-0002-8682-1840).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*tomagafk087@mail.ru

Ключевые слова: инфракрасная спектрометрия, спектрометрия в средней инфракрасной области, ИК – спектр, полосы поглощения, меламин, фальсификация молока.

Keywords: infrared spectrometry, mid–infrared spectrometry, IR spectrum, absorption bands, melamine, milk adulteration.

Финансирование: *Работа выполнена при поддержке Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в рамках государственного задания за счет средств федерального бюджета (соглашение №082-03-2024-253 от 26.01.2024).*

Поступила:06.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В настоящее время участились случаи обращения в торговой сети фальсифицированной молочной продукции, в том числе меламином, добавление которого способствует повышению такого показателя как содержание белка. Для оценки содержания меламина и выявления фальсификации молока и молочной продукции в аккредитованных лабораториях применяется метод высокоэффективной жидкостной хроматографии, который не используется в производственных лабораториях на молокоперерабатывающих предприятиях ввиду факторов, затрудняющих его применение, таких как вспомогательное оборудование, химические реактивы и т.д. В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции», количество меламина в молоке и продуктах его переработки не должно превышать предельно-допустимого значения 1 мг/кг. Цель работы заключалась в идентификации меламина в молоке с помощью метода инфракрасной спектрометрии в среднем диапазоне. Исследования проводили поэтапно на базе учебно-исследовательского центра экспертизы пищевых продуктов и кормов для животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины» в 2024 году. Объектами для проведения исследований служили пробы сырого молока, пробы молока сырого с различной концентрацией меламина и стандартный образец меламина. В результате проведенных исследований установили зависимость интенсивности полос поглощения в ИК – спектрах молока с меламином от его концентрации в нем. Кроме того, анализируя полученные данные, в ИК – спектрах выявили полосу поглощения, позволяющую идентифицировать присутствие меламина в молоке.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В настоящее время с развитием и интенсификацией молочной промышленности участились случаи обращения в торговой сети фальсифицированной молочной продукции, в том числе меламином. Кроме того, среди фальсифицирующих компонентов распространены такие как мочевина, вода, сухое молоко, растительные жиры, заменители молочного жира и другие [1; 2].

Добавление меламина в молоко и продукты его переработки способствует повышению такого показателя как содержание белка, который является одним из критериев его качества и определяется, в том числе и при приемке молока-сырья на молокоперерабатывающих предприятиях. Однако, в соответствии с требованиями, установленными в Техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции», его количество не должно превышать 1 мг/кг, что напрямую связано с токсичностью и негативным влиянием на мочевыделительную систему человека [3].

Для оценки содержания меламина и выявления фальсификации молока и молочной продукции в аккредитованных лабораториях применяется метод высокоэффективной жидкостной хроматографии, который не используется в производственных лабораториях на молокоперерабатывающих предприятиях ввиду факторов, затрудняющих его применение, таких как вспомогательное оборудование, химические реактивы и т.д. [4].

Кроме того, в производственных лабораториях молокоперерабатывающих предприятий при приемке молока - сырья с целью дальнейшей переработке для оценки содержания белка используют современные ультразвуковые анализаторы, не позволяющие выявить добавление меламина, что способствует фальсификации.

Поэтому разработка более простых методов и методик идентификации меламина в молоке и молочных продуктах является актуальным вопросом.

В работах отечественных и зарубежных ученых описаны эксперименты по идентификации меламина в молоке колориметрическим и иммуноферментным методами, а также опыты применения нано частиц золота и другие [5; 6; 7].

Цель работы заключалась в идентификации меламина в молоке с помощью метода инфракрасной спектрометрии в среднем диапазоне.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Научную работу проводили поэтапно на базе учебно-исследовательского центра экспертизы пищевых продуктов и кормов для животных ФГБОУ ВО «Санкт -Петербургского государственного университета ветеринарной медицины» в 2024 году. Объектами исследований были пробы сырого молока, пробы сырого молока с меламином в разных концентрациях и стандартный образец меламина (таблица 1).

На первом этапе для получения результатов регистрировали ИК – спектр фона рабочей среды, затем снимали ИК – спектры стандартного образца 2,4,6-триамино-1,3,5-триазина (меламина) (ГК «ЛЮМЭКС», массовая доля основного вещества, не менее 99%). На дальнейших этапах проводили регистрацию и изучение ИК – спектров проб сырого молока без меламина и молока с добавленным в него меламином в различных концентрациях.

Для регистрации ИК – спектров использовали программу «СпектраЛЮМ», приставку нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) с кристаллом **ZnSe** и Фурье-спектрометр инфракрасный «ИнфраЛюм ФТ-08» (ГК «ЛЮМЭКС»).

Концентрацию меламина в молоке после его добавления определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) со спектрофотометрическим детектированием с помощью жидкостного хроматографа «Люмахром» по методике М 04-54-2008 (ГК «ЛЮМЭКС»).

Таблица 1 – Концентрация меламина в пробах молока

№ пробы	Компонент	Концентрация меламина, мг/кг
1	Молоко + меламин	0,1
2	Молоко + меламин	0,5
3	Молоко + меламин	1,0
4	Молоко + меламин	1,5
5	Молоко + меламин	2,0
6	Молоко + меламин	2,5
7	Молоко + меламин	3,0
8	Молоко + меламин	5,0
9	Молоко + меламин	10,0
10	Молоко + меламин	25,0

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате изучения ИК – спектров молока без меламина и стандартного образца меламина установили, что для его идентификации можно использовать полосу поглощения 810 $см^{-1}$, так как она интенсивная и отсутствует в ИК – спектре молока. Остальные полосы поглощения в ИК – спектрах меламина перекрывают полосы поглощения в ИК – спектрах сырого молока без добавления меламина, что затрудняет их использование в качестве идентификационных для дальнейшего анализа (рисунок 1). Например, в области спектрального диапазона полосы поглощения меламина 3417 и 3323$см^{-1}$ перекрываются интенсивными полосами молока 3200-3400 $см^{-1}$, характерными для валентных колебаний ОН группы, а в среднем инфракрасном диапазоне от 1000 до 1600 $см^{-1}$ - полосами молока, характеристичными для лактозы 1076 $см^{-1}$ и белков 1543-1559 $см^{-1}$.

Анализируя ИК – спектры молока с различной концентрацией меламина установили, что интенсивность полос поглощения в изученных спектрах зависела от его концентрации. Кроме того, обнаружили присутствие полосы поглощения разной интенсивности в области спектрального диапазона 810 $см^{-1}$ в ИК – спектрах молока с концентрацией меламина от 1 до 25 мг/кг. Сильная степень интенсивности этой полосы поглощения визуализируется в ИК – спектрах молока с концентрацией меламина 25 мг/кг, а слабая - 1 мг/кг (рисунок 3).

Отдельно следует отметить, что в ИК – спектрах молока с концентрацией меламина 0,1 и 0,5 мг/кг полоса поглощения в области спектрального диапазона 810 $см^{-1}$ не визуализируется. Это свидетельствует о неэффективности применения метода инфракрасной спектрометрии в среднем диапазоне для идентификации меламина при его содержании в молоке в указанных количествах (рисунок 2).

Кроме того, сравнивая ИК – спектры меламина и молока с его разными концентрациями обнаружили появление и других характеристичных для меламина полос поглощения, отсутствующих в ИК – спектрах молока без его добавления. Так, в ИК – спектрах молока с добавлением меламина в концентрации 1,5 мг/кг появляются слабые полосы поглощения в области спектрального диапазона 3417 $см^{-1}$ и 3469 $см^{-1}$. В остальных ИК - спектрах молока с добавлением меламина хорошо различаются и другие полосы поглощения характерные для меламина.

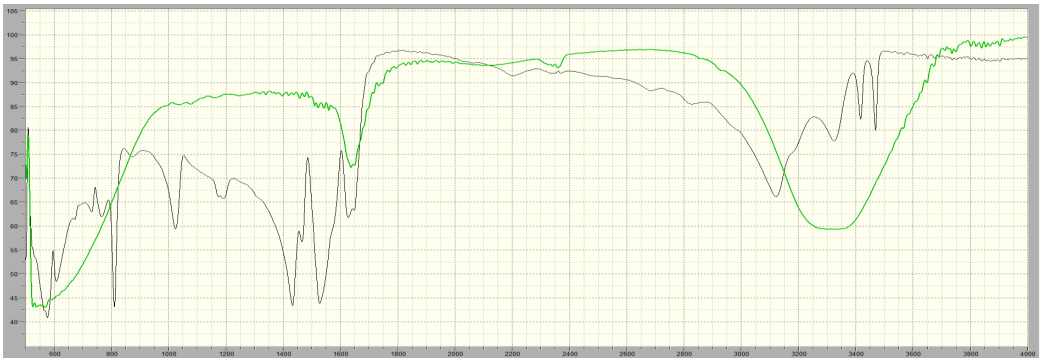


Рисунок 1 – ИК – спектры проб меламина и молока. А – меламин; В – молоко.

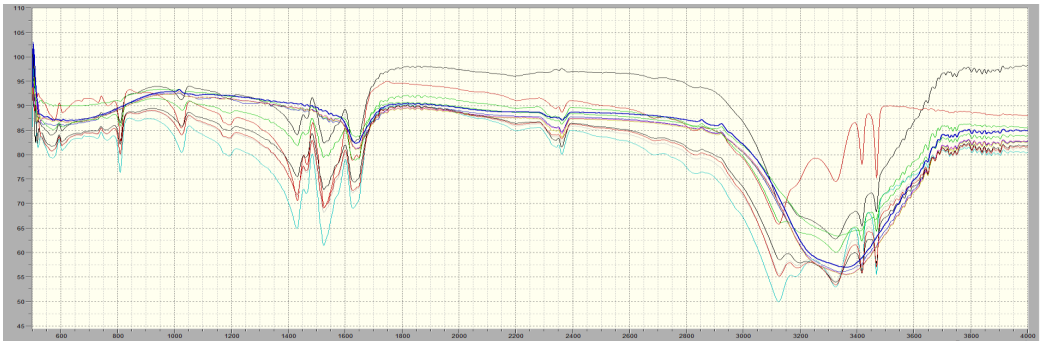


Рисунок 2 – ИК – спектры исследуемых проб.
А – молоко; В – стандартный образец меламина; С – молоко с концентрацией меламина 0,1 мг/кг; D – молоко с концентрацией меламина 0,5 мг/кг; Е – молоко с концентрацией меламина 1,0 мг/кг; F – молоко с концентрацией меламина 1,5 мг/кг; G – молоко с концентрацией меламина 2,0 мг/кг; Н – молоко с концентрацией меламина 2,5 мг/кг; I – молоко с концентрацией меламина 3,0 мг/кг; J – молоко с концентрацией меламина 5,0 мг/кг; К – молоко с концентрацией меламина 10 мг/кг; L – молоко с концентрацией меламина 25 мг/кг.

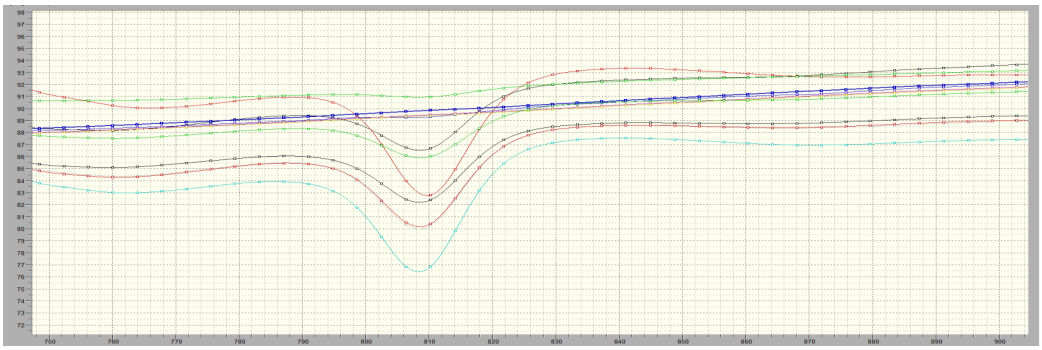


Рисунок 3 – Полоса поглощения 810 $см^{-1}$ в ИК – спектрах исследуемых проб.
А – молоко; В – стандартный образец меламина; С – молоко с концентрацией меламина 0,1 мг/кг; D – молоко с концентрацией меламина 0,5 мг/кг; Е – молоко с концентрацией меламина 1,0 мг/кг; F – молоко с концентрацией меламина 1,5 мг/кг; G – молоко с концентрацией меламина 2,0 мг/кг; Н – молоко с концентрацией меламина 2,5 мг/кг; I – молоко с концентрацией меламина 3,0 мг/кг; J – молоко с концентрацией меламина 5,0 мг/кг.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В результате проведенных исследований установили зависимость интенсивности полос поглощения в ИК – спектрах молока с меламином от его концентрации в нем. Кроме того, анализируя полученные данные, выявили полосу поглощения 810 $см^{-1}$, позволяющую идентифицировать присутствие меламина в молоке в ИК – спектрах. При этом при регистрации ИК – спектра молока с концентрацией меламина 1 мг/кг отметили наличие данной полосы, что способствует использованию спектрометрии в среднем инфракрасном диапазоне для выявления фальсификаций, так как именно эта концентрация установлена в нормативных документах как предельно-допустимая.

Применение метода инфракрасной спектрометрии в среднем диапазоне позволит идентифицировать добавление меламина в молоко и продукты его переработки в условиях производственных лабораторий на всех этапах производства и обращения.

APPLICATION OF THE METHOD OF INFRARED SPECTROMETRY IN THE MIDDLE RANGE FOR THE DETERMINATION OF MELAMINE IN MILK

Kalyuzhnaya T.V.* - Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise (ORCHID 0000-0002-8682-1840).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*tomagafk087@mail.ru

Financing: *The work was carried out with the support of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation within the framework of the state task at the expense of the federal budget (Agreement No. 082-03-2024-253 dated 01/26/2024)*

ABSTRACT

Currently, cases of sale of counterfeit dairy products in the retail network have become more frequent, including those containing melamine, which contributes to an increase in protein content. To assess melamine content and detect adulteration in milk and dairy products, accredited laboratories use the method of high-performance liquid chromatography, which is not used in production laboratories due to factors such as auxiliary equipment and chemical reagents. In accordance with TR CU "On the Safety of Milk and Dairy Products", the maximum permissible amount of melamine in milk should not exceed 1 mg/kg. The aim of the study was to identify melamine using infrared spectrometry in the mid-range. The research was carried out in stages at the educational and research center for Food and Animal Feed at St. Petersburg State University of Veterinary Medicine in 2024. The objects of research were raw milk samples without melamine, raw milk samples with different concentrations of melamine and a standard melamine sample. As a result of the studies, a correlation between the intensity of absorption bands in IR spectra of melamine-containing milk and its concentration was established. Additionally, an absorption band that allows identifying the presence of melamine was found in the IR spectrum.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Изучение показателей качества сыров, фальсифицированных компонентами немолочного происхождения / Д. А. Орлова, Т. В. Калюжная, А. С. Смолькина [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – № 2. – С. 82-86.

2.Куликов, Н. В. К вопросу о проблеме фальсификации на рынке молока и молочных продуктов и методах ее идентификации / Н. В. Куликов, Ю. Ю. Забалуева // Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития: Материалы III национальной научно-практической конференции, Москва, 02 июня 2022 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина», 2022. – С. 178-185.

3.Калюжная, Т. В. Изучение спектральных характеристик меламина для оценки безопасности молока и продуктов его переработки при лабораторном контроле / Т. В. Калюжная, А. В. Дрозд // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 2. – С. 166-171.
4.Дрозд, А. В. К вопросу о методах идентификации меламина в молоке и продуктах его переработке / А. В. Дрозд, П. С. Жмуркина // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 2. – С. 180-189.
5.X. Fu et al. Detection of melamine in milk powders based on NIR hyperspectral imaging and spectral similarity analyses / Journal of Food Engineering 124 (2014) 97–104.
6.Henn R, Kirchler CG, Grossgut ME, Huck CW. Comparison of sensitivity to artificial spectral errors and multivariate LOD in NIR spectroscopy - Determining the performance of miniaturizations on melamine in milk powder. Talanta. 2017:1:166:109-118.
7.Siddiquee, S.; Saallah, S.; Bohari, N.A.; Ringgit, G.; Roslan, J.; Naher, L.; Hasan Nudin, N.F. Visual and Optical Absorbance Detection of Melamine in Milk by Melamine -Induced Aggregation of Gold Nanoparticles. Nanomaterials 2021, 11, 1142.

REFERENCES

1.The study of quality indicators of cheeses adulterated with components of non-dairy origin / D. A. Orlova, T. V. Kalyuzhnaya, A. S. Smolkina [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2018:2:82-86.
2.Kulikov, N. V. On the issue of the problem of falsification in the market of milk and dairy products and methods of its identification / N. V. Kulikov, Yu. Yu. Zabalueva // Commodity science, technology and expertise: innovative solutions and development prospects: Proceedings of the III National Scientific and Practical Conference, Moscow, June 02, 2022. – Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K.I. Scriabin", 2022:178-185.
3.Kalyuzhnaya, T. V. The study of the spectral characteristics of melamine for assessing the safety of milk and its processed products during laboratory control / T. V. Kalyuzhnaya, A.V. Drozd // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2024:2:166-171..)
4.Drozd, A.V. On the issue of methods for the identification of melamine in milk and its processed products / A.V. Drozd, P. S. Zhmurkina // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2024:2:180-189.
5.X. Fu et al. Detection of melamine in milk powders based on NIR hyperspectral imaging and spectral similarity analyses / Journal of Food Engineering 124:2014:97–104.
6.Henn R, Kirchler CG, Grossgut ME, Huck CW. Comparison of sensitivity to artificial spectral errors and multivariate LOD in NIR spectroscopy - Determining the performance of miniaturizations on melamine in milk powder. Talanta. 2017:1:166:109-118. doi: 10.1016/j.talanta.2017.01.035.
7.Siddiquee, S.; Saallah, S.; Bohari, N.A.; Ringgit, G.; Roslan, J.; Naher, L.; Hasan Nudin, N.F. Visual and Optical Absorbance Detection of Melamine in Milk by Melamine -Induced Aggregation of Gold Nanoparticles. Nanomaterials 2021:11:1142.

УДК: 556. 597/574
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.194

АНАЛИЗ ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА АККЁЛЬ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА

Рамазанова Д.М.* – ст. науч. сотр.; **Алиев А.Ю.** – д-р ветеринар. наук, директор; **Гунашев Ш.А.** – канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр.; **Каспарова М.А.** – канд. хим. наук, ст. науч. сотр.; **Сайпулаев У.М.** – ст. лаборант.

Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр РД», г. Махачкала.

*ramazanovadm@mail.ru

Ключевые слова: оз. Аккёль, гидрохимический анализ, природная вода, жесткость воды, pH воды, влияние на гидробионты.

Key words: Lake Akkel, hydrochemical analysis, natural water, water hardness, water pH, effect on hydrobionts.

Поступила:06.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Загрязнение воды является одной из самых серьезных экологических проблем. Промышленные отходы, сельскохозяйственные удобрения и бытовые стоки попадают в водоемы, приводя к гибели водных организмов и ухудшению качества питьевой воды. Особенно опасны тяжелые металлы и пестициды, которые могут накапливаться в живых организмах, вызывая хронические заболевания и генетические мутации. Решение этих проблем требует комплексного подхода. Необходимо разрабатывать и внедрять технологии очистки воды, улучшать системы сбора и переработки сточных вод, а также внедрять методы рационального использования воды в сельском хозяйстве и промышленности. В основу настоящей работы положены собственные материалы, полученные в ходе исследований, проводившихся на озере Аккёль и его притоках. Оз. Аккёль имеет пресную воду и расположено в восточной части Буйнакского района. Из приведенных данных видно, что пробы воды, взятые в разных участках, могут отличаться. Например, заметное превышение концентрации нитрат-иона отмечалось в пробах, взятых с участков 4 и 5. В остальных участках превышения по данному показателю не наблюдалось. Величина pH варьировала в пределах 7,6 -8,6, что в целом, не превышает нормы ПДК. По гидрокарбонат-иону завышенные показатели имели пробы воды в 1, 4-6 точках. Особенно заметное превышение по катиону натрия и магния имела проба 6, превысив предельно допустимые показатели в 14 и 54 раза, соответственно. Жесткость воды имела завышенные показатели (153,0) в точке №6. Проведенные исследования показали, что вода в исследуемом водоеме характеризуется благоприятным гидрохимическим режимом, за исключением жесткости воды, существенное превышение которой, по мнению многих авторов, может негативно отражаться на воспроизводстве гидробионтов, обитающих в данном водоеме. Кроме того, большинство водных растений также чувствительно к жесткости воды и предпочитает более мягкую водную среду.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Самый востребованный природный ресурс – это вода, которая является не только основой жизни, но и центральным элементом экологических проблем, с которыми сталкивается человечество. От чистоты рек и озёр до доступности питьевой воды – каждый аспект водных ресурсов имеет огромное значение для поддержания здоровья экосистем, благополучия людей и животных.

Загрязнение воды является одной из самых серьезных экологических проблем. Промышленные отходы, сельскохозяйственные удобрения и бытовые стоки попадают в водоемы, приводя к гибели водных организмов и ухудшению качества питьевой воды. Ухудшение экологического состояния озер и рек неотъемлемо влияет на жизнеспособность многих животных. Особенно опасны тяжелые металлы и пестициды, которые могут накапливаться в живых организмах, вызывая хронические заболевания и генетические мутации. Решение этих проблем требует комплексного подхода. Необходимо разрабатывать и внедрять технологии очистки воды, улучшать системы сбора и переработки сточных вод, а также внедрять методы рационального использования воды в сельском хозяйстве и промышленности [2,3,8]. Для решения этих задач проводится гидрохимический анализ – совокупность приемов и методов для определения качественного и количественного состава вод [4,10]. Одной из основных характеристик, определяющих качество воды, является ее жесткость. В природной воде жесткость в течение года непостоянна и может варьировать в широких пределах, которая увеличивается в результате испарений в весенне-летний период, но уменьшается в сезон дождей, а также период таяния снега и льдов. Данный показатель определяется количеством растворенных в ней солей кальция и магния и имеет большое значение для физиологического состояния рыб, особенно в период их размножения и роста молоди [8].

Определение величины pH воды имеет большое значение при оценке качества природных вод. Значение pH природной воды зависит от ее солевого состава, содержания растворенных газов, органических соединений и для большинства природных вод близко к 7. Для воды хозяйственно-питьевого назначения pH должен находиться в пределах 6,5-8,5 [6,7,9].

Проведение гидрохимического мониторинга водного объекта Республики Дагестан необходимо для получения информации о качестве воды, используемой для орошения пастбищ и поения с/х животных, что и послужило основой для исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования водного объекта проводились в весенний период (март-апрель) 2024г. В основу настоящей работы положены собственные материалы, полученные в ходе исследований, проводившихся на озере Аккёль и его притоках. Оз. Аккёль имеет пресную воду и расположено в восточной части Буйнакского района.

С целью выяснения биохимического и гидрохимического фона в вышеописанном водоеме, были отобраны пробы воды из 7–ми разных участков, по всему периметру. Сбор и обработка проб проводились по общепринятым методикам (рисунок 1).

Исследования воды по определению содержания тяжелых металлов, перманганатной и бихроматной окисляемостей, минерализации и других показателей были проведены в специализированной Кропоткинской краевой ветеринарной лаборатории. Для установления гидробиохимического фона были применены такие методы исследований, как: потенциометрический, органолептический, капиллярный электрофорез, титрометрический, инверсионно-вольтамперометрический и другие. Показатели активной реакции водной среды (pH) снимали с помощью прибора pH-метра. Химический анализ воды проводили согласно руководству по химическому анализу поверхностных вод суши [10].

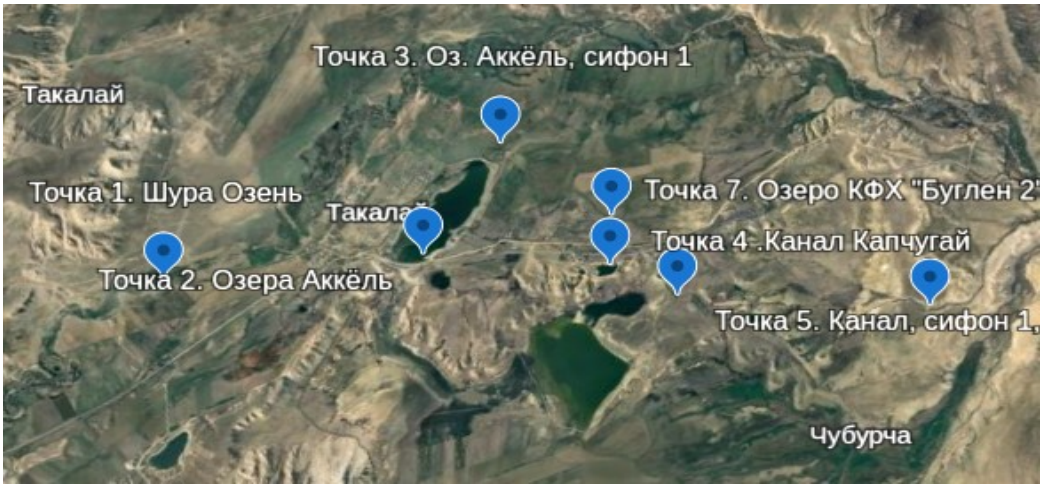


Рисунок 1 – Пункты взятия проб воды.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате проведенных исследований получены данные о гидробиохимическом состоянии изучаемых водных объектов (табл.1).

Из данных таблицы 1 и рисунка 4 видно, что величина pH варьируется в пределах 7,6 – 8,6, что, в целом, не превышает нормы ПДК.

Из приведенных данных, представленных в таблице 1, видно, что пробы воды, взятые в разных участках, могут отличаться. Например, заметное превышение концентрации нитрат-иона отмечалось в пробах, взятых с участков 4 и 5. В остальных участках превышения по данному показателю не наблюдалось. По гидрокарбонат-иону завышенные показатели имели пробы воды в 1, 4-6 точках. Особенно заметное превышение по катиону натрия (рис.2) и магния (рис.3) имела проба 6, превысив предельно допустимые показатели в 14 и 54 раза, соответственно. Стоит отметить, что превышение этих показателей отмечалось во всех исследуемых пробах. Превышение по массовой концентрации меди обнаружено не было (рис.5).



Рисунок 2 – Катионы натрия, мг/дм^3.



Рисунок – 3 Катионы магния, мг/дм^3.

Таблица 1 – Результаты лабораторных исследований проб воды оз. Аккёль

Показатель (мг/дм^3)	*Точка*							
	1	**2**	**3**	4	**5**	6	**7**	ПДК
Водородный показатель, ед. pH	7,6	8,2	8,2	7,9	8	8,6	8,1	6,5-9
Запах, баллы	2	2	2	2	2	2	2	-
Массовая концентрация нитрат-иона, мг/дм^3	0,2	менее 0,2*	менее 0,2*	4,10	4,25	менее 0,2*	менее 0,2*	не более 3,0
Химическое потребление кислорода (ХПК), мг/дм^3	31,0	20,5	19,3	24,6	18,7	34,2	14	не более 100
Окисляемость перманганатная, мг О/дм^3	11,4	6,56	5,28	8,64	6,72	11,5	3,84	не более 30
Общая жесткость, ^{0}Ж	12,5	13,7	13,5	12,0	16,7	153,0	47,0	не менее 2,5
Гидрокарбонат-ион, мг/дм^3	335,5	195,2	195,2	353,8	244,0	500,2	201,3	30-200
Массовая концентрация катионов натрия, мг/дм^3	155,1	138,8	135,9	136,0	150,9	1696,0	240,8	не более 120
Массовая концентрация катионов кальция, мг/дм^3	158,7	165,3	159,6	192,6	206,3	428,5	473,2	не более 180
Массовая концентрация катионов магния, мг/дм^3	59,0	78,7	77,5	61,8	88,1	1626,0	243,8	не более 30
Массовая концентрация нитрат иона, мг/дм^3	менее 0,2*	менее 0,2*	менее 0,2*	менее 0,2*	менее 0,2*	менее 0,2*	менее 0,2*	не более 0,2
Массовая концентрация общего мышьяка, мг/дм^3	менее 0,002	менее 0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	-
Массовая концентрация свинца, мг/дм^3	0,011	0,0002	0,0002	менее 0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	-
Массовая концентрация кадмия, мг/дм^3	менее 0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	-
Массовая концентрация меди, мг/дм^3	0,028	0,00087	0,036	0,019	0,00059	0,006	-	-

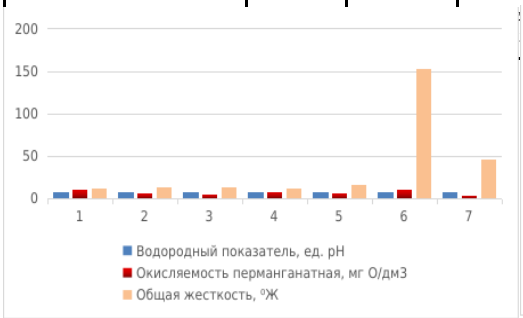


Рисунок 4 – Гидрохимические показатели оз. Аккёль, мг/дм^3.

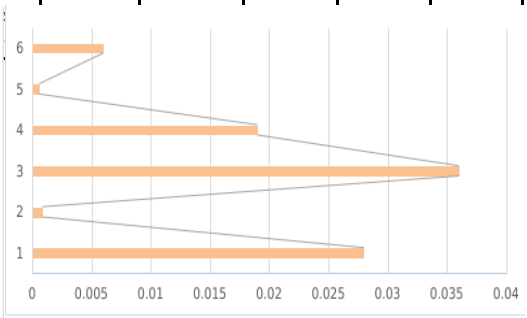


Рисунок 5 – Массовая концентрация меди, мг/дм^3.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенные исследования показали, что вода в исследуемом водоеме характеризуется благоприятным гидрохимическим режимом, за исключением жесткости воды, существенное превышение которой, по мнению многих авторов, может негативно отражаться на воспроизводстве гидробионтов, обитающих в данном водоеме. Из анионов в воде преобладают сульфаты, катионов-ионы натрия + калия. Величина водородного показателя pH в пределах – 7,6-8,6.

Существенное превышение показателей по катионам натрия и магния в пробе 6, обусловило увеличенную жесткость в этой пробе, превысив предельно допустимые показатели в 14 и 54 раза, соответственно.

Данные исследования были выполнены в весенний период, но для полной картины гидрохимического состояния водоема необходимо проведение межсезонного мониторинга, особенно в летний период. Проведенные нами работы и полученные результаты будут расширены и продолжены в дальнейших исследованиях.

ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL STATE OF LAKE AKKEL IN THE CONDITIONS OF FOOTHILL OF DAGESTAN

Ramazanova D.M.* – senior researcher, Aliyev A.Yu., Doctor of Veterinary Sciences, Director; **Gunashev Sh.A.** – Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher; **Kasparova M.A.** – Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher; **Saipulaev U.M.** – senior laboratory assistant.

ABSTRACT

Water pollution is one of the most serious environmental problems. Industrial waste, agricultural fertilizers and domestic wastewater enter to water bodies, leading to the death of aquatic organisms and deterioration of the quality of drinking water. Particularly dangerous are heavy metals and pesticides, which can accumulate in living organisms, causing chronic diseases and genetic mutations. Solving of these problems requires an integrated approach. It is necessary to develop and implement water purification technologies, improve wastewater collection and processing systems, and introduce methods of the rational use of water in agriculture and industry. This work is based on our own materials, obtained during research es, conducted on Lake Akkel and its tributaries. Oz. Akkel has fresh water and is located in the eastern part of the Buinaksky district. From the data presented it is clear, that water samples, taken in different sites, may differ. For example, a noticeable excess of the concentration of nitrate ion was noted in samples, taken from areas 4 and 5. In other areas no excess on this indicator was observed. On hydrocarbonate ion water samples in points 1, 4-6 had overestimated values. Sample 6 had a particularly noticeable excess of sodium and magnesium cations, exceeding the maximum permissible values in 14 and 54 times, respectively. Water hardness was too high (153,0) at point N. 6. The conducted studies showed, that the water in the studied reservoir is characterized by favorable hydrochemical regime, with the exception of water hardness, a significant excess of which, according to many authors, can negatively effect on the reproduction of aquatic organisms, living in this reservoir. In addition, most aquatic plants are also sensitive to water hardness and prefer softer water environments.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ашихмина Т. Я. Экологический мониторинг / под общ. ред. Т. Я. Ашихминой, И. М. Зарубиной, Л. В. Кондаковой, Е. В. Рябовой. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка». 2012. 95 с.

2. Другов, Ю.С., Родин А.А. / Анализ загрязненной воды: практическое руководство – М.: Изд-во «Лаборатория знаний», 2015. – 681 с.

3. Идрисов И.А. Трансформация геосистем береговой зоны Дагестана, в связи с падением уровня Каспия // Труды Географического общества Республики Дагестан. 2013. Вып. 41. С. 40-43.

4. Рамазанова Д.М., Бархалов Р.М., Айгубова С.А. Гидролого-гидрохимический и гидробиологический режимы в северной

части Аграханского залива // Актуальные проблемы и перспективы рыболовства, аквакультуры и экологического мониторинга водных экосистем РФ: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Махачкала, 2022. С. 183-191.
5. Рамазанова Д.М., Анохина А.З., Судакова Н.В. Оценка современного состояния Северного Аграхана по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Рыбное хозяйство. 2023. № 3. С. 67-71.
6. Расулова, М.М. Антропогенное загрязнение, как фактор повышения трофического уровня малых водоемов на примере озера Ак-Гель/ М.М. Расулова //Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. - 2008. - № 3. - С. 89-95.
7. Сапожников В.В., Агатова А.И., Аржанова Н.В., Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоёмов и перспективных для промысла районов Мирового океана / [и др.]. М.: Изд-во ВНИРО, 2008. 202 с.
8. Семенова А.А., Магрицкий Д.В., Самохин М.А. и другие. Гидрологоморфологическая деградация Аграханского залива: особенности, причины, пути решения // Четвертые Виноградарские чтения. Гидрология от познания к мировоззрению: сборник докладов Международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Ю.Б. Виноградова. - СПб.: Издательство ВВМ, 2020. – С. 524-529.
9. Методы экологического мониторинга качества сред жизни и оценки их экологической безопасности: учебное пособие / О. И. Бухтояров [и др.]. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. – 239 с.
10. Бригада А.В., Елизарова А.С., Шишанов Г.А. Факторы, влияющие на толерантность осетровых видов рыб к гипоксии // Журнал Ветеринария и кормление 2023. №5 С. 7-10.

REFERENCES

1. Ashikhmina T. Ya. Environmental monitoring / edited by T. Ya. Ashikhmina, I. M. Zarubina, L. V. Kondakova, E. V. Ryabova. Kirov: OOO "Tipografiya Staraya Vyatka". 2012. 95 p.
2. Drugov, Yu. S., Rodin A. A. / Analysis of polluted water: a practical guide - Moscow: Publishing house "Laboratory of knowledge", 2015. - 681 p.
3. Idrisov I. A. Transformation of geosystems of the coastal zone of Dagestan, in connection with the drop in the Caspian Sea level // Transactions of the Geographical Society of the Republic of Dagestan. 2013. Issue. 41. Pp. 40-43.
4. Ramazanova D.M., Barkhalov R.M., Aigubova S.A. Hydrological, hydrochemical and hydrobiological regimes in the northern part of the Agrakhan Bay // Actual problems and prospects of fisheries, aquaculture and environmental monitoring of aquatic ecosystems of the Russian Federation: collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference (with international participation). Makhachkala, 2022. Pp. 183-191.
5. Ramazanova D.M., Anokhina A.Z., Sudakova N.V. Assessment of the current state of Northern Agrakhan by hydrochemical and hydrobiological indicators // Fisheries. 2023. No. 3. Pp. 67-71.
6. Rasulova, M.M. Anthropogenic pollution as a factor in increasing the trophic level of small reservoirs on the example of Lake Ak-Gel / M.M. Rasulova // News of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences. - 2008. - No. 3. - P. 89-95.
7. Sapozhnikov V.V., Agatova A.I., Arzhanova N.V., Guide to chemical analysis of sea and fresh waters in environmental monitoring of fishery reservoirs and areas of the World Ocean promising for fishing / [and others]. Moscow: VNIRO Publishing House, 2008. 202 p.
8. Semenova A.A., Magritsky D.V., Samokhin M.A. and others. Hydrological and morphological degradation of the

Agrakhan Gulf: features, causes, solutions // The Fourth Vinogradarsky Readings. Hydrology from knowledge to worldview: collection of reports of the International scientific conference in memory of the outstanding Russian scientist Yu.B. - SPb.: VVM Publishing House, 2020. – P. 524-529.
9. Methods of environmental monitoring of the quality of living environments and assessment of their environmental safety: a tutorial / O. I. Bukhtoyarov [et al.]. Kurgan: Publishing house of Kurgan State University, 2015. – 239 p.
10. Brigada A.V., Elizarova A.S., Shishanov G.A. Factors influencing the tolerance of sturgeon fish species to hypoxia // Journal of Veterinary Science and Feeding 2023. No. 5 P. 7-10.

БИОХИМИЯ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ

УДК: 636.4.033:636.06
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.201

АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЫШЦ СГИБАТЕЛЕЙ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У СВИНЬИ КРУПНОЙ БЕЛОЙ ПОРОДЫ

Слесаренко Н.А. * – д-р биол. наук, проф. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А. Ф. Климова (ORCID 0000-0002-8350-5965); **Оганов Э.О.** – канд. ветеринар. наук, доц. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова (ORCID 0000-0003-1206-4397); **Широкова Е.О.** – канд. биол. наук, доц. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А. Ф. Климова, (ORCID 0000-0003-4891-5405).

ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина

* slesarenko2009@yandex.ru

Ключевые слова: *свинья крупной белой породы, скелетные мышцы, тазовая конечность, тазобедренный сустав.*
Keywords: *large white pig, skeletal muscles, pelvic limb, hip joint*

Поступила: 29.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса Российской Федерации на данном этапе является решение проблем, связанных с увеличением мясных ресурсов, обеспечением населения качественными мясными продуктами. Развитие отечественного мясного скотоводства создаст условия для устойчивого развития сельских территорий, что является одной из важнейших стратегических целей государственной политики, достижение которой позволит обеспечить продовольственную безопасность, повысить конкурентоспособность российской экономики и благосостояние граждан. В статье представлены анатомические особенности сгибателей (флексоров) тазобедренного сустава у свиньи крупной белой породы. Показано, что основным сгибателем тазобедренного сустава у свиньи является подвздошно-поясничная мышца. Она достаточно мясистая, крупная, тогда как малая поясничная мышца развита слабее и прикрыта большой поясничной мышцей. Среди головок подвздошной мышцы, на вентральной поверхности тела подвздошной кости хорошо дифференцирована латеральная головка, тогда как медиальная представлена в виде тонкой, небольшой мышцы, расположенной между сухожильными концами большой и малой поясничных мышц. Материалом для исследований служил секционный материал – тазовые конечности (n=10), отобранные от свиней крупной белой породы, без внешних при-

знаков патологий опорно-двигательного аппарата. Использовали методы тонкого макро- и микроанатомического препарирования, биомеханическое моделирование с последующим функциональным анализом изучаемых структур. Представлены новые данные об анатомических и топических особенностях сгибателей тазобедренного сустава у свиньи крупной белой породы, которые определяются механизмом стато-локомоторного акта животного. Установлены точки закрепления длинного и короткого сухожилий портняжной мышцы, которые охватывая и покрывая с вентральной поверхности дистальную часть подвздошно-поясничной мышцы, факультативно выполняют функцию поддерживающей связки для данной мышцы.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса Российской Федерации на данном этапе является решение проблем, связанных с увеличением мясных ресурсов, обеспечением населения качественными мясными продуктами. Развитие отечественного мясного скотоводства создаст условия для устойчивого развития сельских территорий, что является одной из важнейших стратегических целей государственной политики, достижение которой позволит обеспечить продовольственную безопасность, повысить конкурентоспособность российской экономики и благосостояние граждан [1-5]. Дальнейшее увеличение производства качественной свинины в значительной степени будет зависеть от темпов совершенствования продуктивных качеств свиньи, максимальной реализации генетического потенциала разводимых пород. В связи с вышеизложенным, изучение анатомо-топографических особенностей мышц у свиньи является одной из актуальных задач в области сравнительной анатомии и практической ветеринарии [6-15]. В связи с вышеизложенным **цель** настоящего исследования – установить анатомо-топографические особенности мышц – сгибателей тазобедренного сустава у свиньи крупной белой породы, определить точки их закрепления и оценить функциональную значимость изучаемых структур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования выполнены на кафедре анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина». Материалом для исследований служил секционный материал – тазовые конечности (n=10), отобранные от свиней крупной белой породы, без внешних признаков патологий опорно-двигательного аппарата. Использовали методы тонкого макро- и микроанатомического препарирования под контролем бинокулярной лупы «Микромед HR 350 S», биомеханическое моделирование с последующим функциональным анализом изучаемых структур.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

У свиньи крупной белой породы нами установлены как общие закономерности строения и топографии сгибателей тазобедренного сустава, присущие животным других таксонов, так и видоспецифические особенности. Так, большинство флексоров располагаются на медиальной поверхности сустава. Среди них нами обнаружены как одно-так и многосуставные мышцы.

Напрягатель широкой фасции бедра (m. tensor fascii latae) –расположен в пространстве треугольной формы между подвздошной костью, краниальной поверхностью четырёхглавой мышцы бедра и тазобедренным суставом (рис. 1 А-1, 2). Снаружи его покрывает глубокая фасция бедра (3), поэтому проксимальным краем напрягатель широкой фасции бедра переходит в глубокую ягодичную фасцию, латеральным краем – в ягодично-двуглавую мышцу бедра, медиальным краем – в медиальную глубокую фасцию бедра, а дистально – в широкую фасцию бедра. Таким образом напрягатель широкой фасции бедра полностью охватывает четырёхглавую мышцу бедра и дистально закрепляется на коленной чашке, а затем продолжается в фасцию голени.

Мышечное брюшко напрягателя широкой фасции бедра у свиньи хорошо развито, оно довольно мясистое. Согласно данным литературы у копытных с напрягателем широкой фасции бедра срастается краниальная часть поверхностной ягодичной мышцы [1, 2, 4]. Брюшко мышцы широкое, уплощённое, приближается к прямоугольной форме (рис. 2 А). По краниальному краю, с внутренней поверхности мышца дугообразно выгнута в соответствии с адаптацией к форме подлежащей проксимальной части четырёхглавой мышцы бедра. Вместе с этим, проксимальный край напрягателя (основание) утолщён, а в дистальном направлении мышца истончается и продолжается в широкую фасцию бедра. При этом, наружный проксимальный край мышцы продолжается в ягодичную фасцию, а внутренний проксимальный край за счёт фиброзных волокон сухожильного зеркала, расположенного на внутренней поверхности мышечного брюшка, формирует плоское сухожилие, которое закрепляется на вентральном гребне подвздошной кости на протяжении от маклока до суставной впадины таза (рис. 1 Б- 2.1). На этом протяжении, с этим сухожилием срастаются аналогичные сухожилия от средней и добавочной ягодичных мышц, формируя сухожильную пластину. Ближе к маклоку, пластина утолщается и закрепляясь на латеральном выросте маклока, совместно с пучками мышечных волокон, которые находят точку закрепления на площадке, расположенной на ягодичной поверхности этого выроста (рис. 1 Б, В- 1, 7). Таким образом, с одной стороны внутренний проксимальный край мышцы граничит со средней и добавочной ягодичными мышцами, с другой - с апоневрозом мышцы живота и латеральной головкой подвздошной мышцы. В латерокаудальном направлении сухожильная пластина, между ягодичными мышцами и четырёхглавой мышцей бедра, а также дистальным концом средней ягодичной и краниальным краем ягодично-двуглавой мышц, с сухожилиями этих мышц и глубокой фасцией образуют фасциальный узел (рис. 1 В-9).

Пучки мышечных волокон напрягателя широкой фасции бедра, объединяясь формируют, две части мышцы – краниальную и латеральную. Краниальная часть начинается на латеральном выросте маклока и делятся на две ножки. Одна из них ориентирована дистально, вторая смещается латеральнее (рис. 2 А-1, 2). Дистально широкая фасция бедра закрепляется на латеральной и медиальной поверхностях блока и мыщелков бедренной кости, а также, на коленной чашке.

Подвздошно-поясничная мышца (m. iliopsoas) (рис. 2 Б, В) комплексная, состоит из большой поясничной и подвздошной мышц.

А) Большая поясничная мышца (m. psoas major) у свиньи хорошо развита, крупная, мясистая, веретенообразной формы. Как известно, в товарном отношении она представляет «вырезку» в свиной туше [10], а также является важным объектом в вопросах ветеринарно-санитарной экспертизы свинины. Согласно источникам литературы [1, 2, 4, 6], мышца расположена на вентральной поверхности поясничной области, латеральнее малой поясничной мышцы, на квадратной поясничной мышце. Нами установлено, что краниальный конец мышцы расширен, уплощён своим основанием он закрепляется на латеральной поверхности тел грудных позвонков, а большей частью на каудальном крае 11-14-го рёбер (в области угла рёбер), на поперечно-рёберных отростках поясничных позвонков (рис. 2 Б, В- 1). В каудальном направлении мышца утолщается, сужается и приобретает веретеновидную форму. Пучки мышечных волокон ориентированы каудально. На вентральной поверхности, начиная с середины мышцы, расположено её сухожильное зеркало, которое сначала – в виде тонкой пластинки, а далее утолщается и закругляется, превращаясь в мощное сухожилие. Каудальная (сухожильная) часть мышцы, лежит окружённая подвздошной мышцей (Б, В-1, 2), конечное сухожилие ориентировано каудовентрально (В-1, 2). Оно следует по меди-

альной поверхности, чуть ниже шейки бедра, и в конце мясисто и сухожильно закрепляется на собственной шероховатости, расположенной на медиальной поверхности малого вертела бедренной кости, совместно с сухожилием подвздошной мышцы.

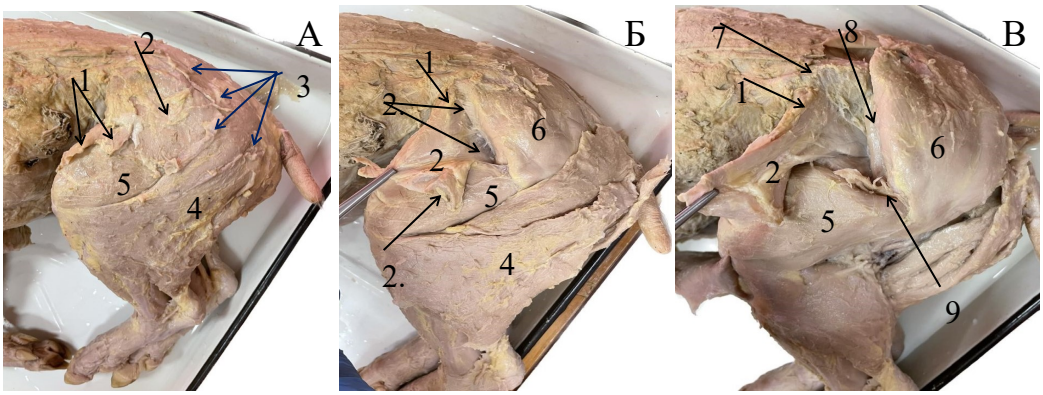


Рисунок 1 – Макропрепарат мышц тазовой конечности у свиньи крупной белой породы: А – расположение напрягателя широкой фасции бедра (вид с латеральной поверхности бедра); Б – напрягатель срезан по наружному дорсальному краю и отведён; В – напрягатель срезан по внутреннему дорсальному краю: 1 – краниальная часть напрягателя широкой фасции бедра (ш.ф.б.); 2 – латеральная часть напрягателя ш.ф.б., 2.1 – сухожильная пластина напрягателя ш.ф.б.; 3 – глубокая фасция бедра; 4 – ягодично-двуглавая м.; 5 – латеральная головка четырёхглавой мышцы бедра; 6 – средняя ягодичная м.; 7 – подвздошный бугор (маклок); 8 – добавочная ягодичная м; 9 – фасциальный узел.

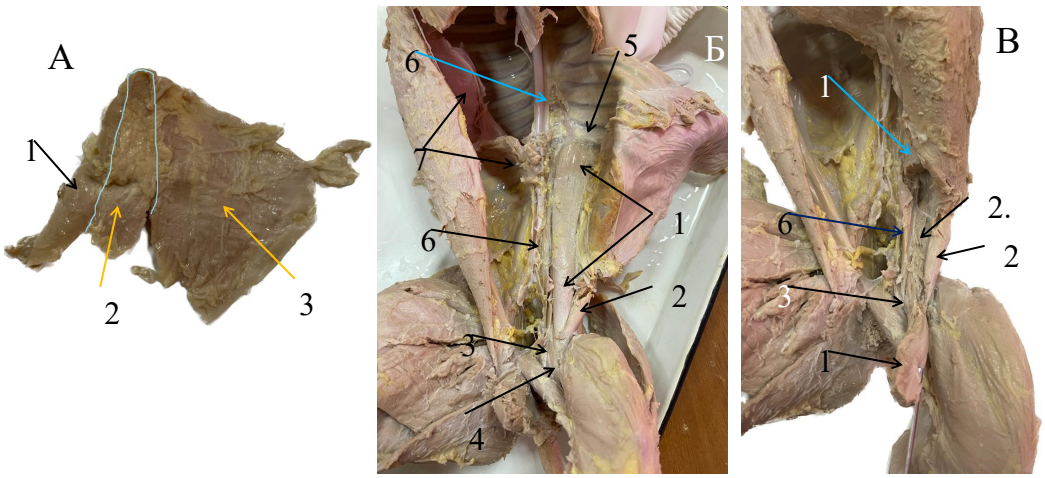


Рисунок 2 – Макропрепараты изолированного напрягателя широкой фасции бедра и вентральных поясничных мышц у свиньи крупной белой породы: А – вид напрягателя широкой фасции бедра с краниальной поверхности: 1 – краниальная часть и 2 – её латеральная ветвь; 3 – латеральная часть мышечного брюшка; Б – вентральные поясничные мышцы; В – большая поясничная мышца срезана в средней части и её дистальная половина отведена вниз: 1 – мышечное брюшко большой поясничной м.; 2 – латеральная и 3 – медиальная головки подвздошной м.; 4 – сухожильная часть подвздошно-поясничной м.; 5 – 12-е ребро; 6 – малая поясничная м.; 7 – грудо-брюшная преграда.

Подвздошная мышца (m. iliacus). Её мышечное брюшко имеет желобоватую форму, в котором лежит большая поясничная мышца (рис. 2 В- 2). С латерального и медиального края большой поясничной мышцы выступают мышечные края латеральной и медиальной головок данной мышцы (рис. 2 Б- 2). По строению она относится к динамическому типу мышц. *Латеральная головка подвздошной мышцы* хорошо развита, она более длинная и мясистая, своей медиальной поверхностью облегает большую поясничную мышцу с латеральной поверхности. Снаружи латеральную головку подвздошной мышцы покрывают – апоневроз косых мышц живота, портняжная и далее - напрягатель ш.ф.б. Краниальным концом её мышечное брюшко начинается от вентральной поверхности маклока, от подвздошной поверхности крыла подвздошной кости, на кранио-медиальной поверхности подвздошной кости, между вентральным гребнем и подвздошно-лонным гребнями подвздошной кости, на протяжении от маклока, до краниального края тазобедренного сустава.

Медиальная головка подвздошной мышцы у исследуемых нами подсвинок развит гораздо слабее (рис. 2 Б, В- 3). Она облегает большую поясничную мышцу с медиальной поверхности и расположена ближе к входу в таз, между большой поясничной и сухожилием малой поясничной мышц. Медиальная головка подвздошной мышцы начинается от крыла крестцовой кости и медиальной поверхности тела подвздошной кости, вплоть до области бугорка малой поясничной мышцы. Пучки мышечных волокон ориентированы вентро-латеро-каудально, проходят медиально, под и над сухожилием большой поясничной мышцы. Таким образом, мышечные волокна обеих головок подвздошной мышцы формируют желоб (рис. 2 В- 2.1), в котором проходит сухожилие большой поясничной мышцы. На дистальном сухожильном конце подвздошной мышцы, оно окружает сухожилие большой поясничной мышцы и совместно они закрепляются на малом вертеле бедренной кости.

Портняжная мышца (m. sartorius). Согласно литературным данным у копытных «начинается от подвздошной фасции и дистального сухожилия малой поясничной мышцы. Заканчивается на коленной чашке и через фасцию голени – на гребне большеберцовой кости и медиальной связке коленного сустава как у крупного рогатого скота» [1, 2, 4, 6]. Нами установлено, что портняжная мышца у свиньи сравнительно узкой лентовидной формы, динамического типа мышца. Она расположена на кранио-медиальной поверхности бедра (рис. 3 А-1), на протяжении от подвздошной кости, до коленного сустава. Она заключена в глубокую фасцию бедра, которая в каудальном направлении покрывает гребешковую мышцу и продолжается на стройную мышцу. Перед гребешковой мышцей глубокая фасция раздваивается и отдаёт вглубь, между гребешковой и широкой фасцией бедра межмышечныую фасцию, которая доходит до медиальной губы бедренной кости, тем самым формируется бедренный канал.

Портняжная мышца покрывает медиальную поверхность широкой фасции бедра на уровне медиальной головки четырёхглавой мышцы бедра, а в своей проксимальной трети, вместе с апоневрозом живота прикрывает дистальную часть подвздошно-поясничной мышцы. На проксимальном конце портняжная мышца, у подсвинки крупной белой породы начинается двумя плоскими сухожилиями – длинной и короткой (рис. 3 Б). Длинное сухожилие имеет тонкий плоский вид на протяжении вентрального гребня подвздошной кости. На кранио-медиальном контуре крыла и тела подвздошной кости прикрывает латеральную головку подвздошной мышцы и сухожильную дистальную часть большой поясничной мышцы. Короткое сухожилие портняжной мышцы, также имеет тонкий плоский вид, расположено несколько ниже предыдущего. Данное сухожилие начинается на дистальном сухожилии малой поясничной мышцы. Сухожилие проходит между

малой поясничной и медиальной головкой подвздошной мышц, покрывая последнюю снаружи.

Далее, эти два сухожилия переходят в плоское, относительно узкое, лентовидной формы мышечное брюшко, которое направляется в дистальном направлении, к медиальной поверхности коленного сустава. Вместе с этим, она покрывает медиальную поверхность широкой фасции бедра на уровне медиальной головки четырёхглавой мышцы бедра. На уровне проксимального края блока бедренной кости формируется дистальное сухожилие мышцы, которое сливается с сухожилием стройной мышцы, а её сухожильные волокна закрепляются на медиальном мыщелке бедренной кости. Как известно, мышца выполняет функцию флексора и факультативно – супинатора тазобедренного сустава.

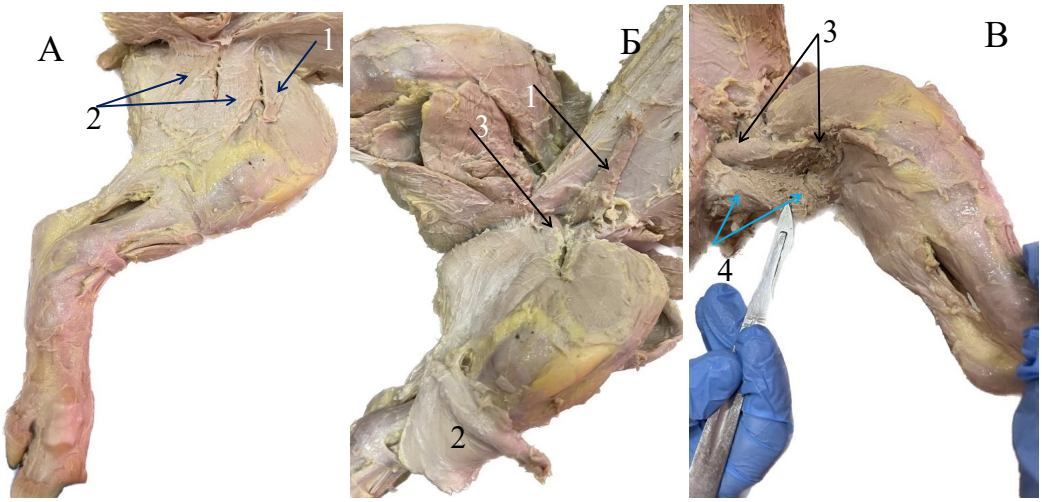


Рисунок 3 – Макропрепарат мышц бедра у свиньи крупной белой породы (медиальная поверхность): А – общий вид; Б – портняжная и стройная мышцы отведены; В – срезаны полусухожильная и полуперепончатая мышцы: 1 – портняжная мышца; 2 – стройная м.; 3 – гребешковая м.; 4 – приводящая м.

Гребешковая мышца (m. pectineus) у свиньи крупной белой породы развита хорошо. Её мышечное брюшко имеет веретеновидную форму, мышца относится к динамическому типу (рис. 3 В-3). Снаружи брюшко мышцы покрыто плоским проксимальным сухожилием стройной мышцы, через которую оно частично проецируется на поверхность между стройной и портняжной мышцами. После отсечения стройной и портняжной мышц, на их проксимальном конце, на поверхность выступает мясистое брюшко гребешковой мышцы, которое сужается в дистальном направлении, клиновидно проникая своим плоским сухожилием между медиальной головкой четырёхглавой мышцы бедра и приводящей мышцами (рис. 3 В- 3, 4). Проксимальным концом, гребешковая мышца начинается от мощного подвздошно-лонного возвышения, которое у свиньи формирует обширную «площадку гребешковой мышцы», и оно расположено на кранио-латеральном конце впадинной ветви лонной кости, или на краниомедиальной поверхности суставной впадины. Пучки мышечных волокон гребешковой мышцы ориентированы вентрально, к медиальной губе бедренной кости. Следуя дистально брюшко мышцы уплощается, сужается и вклинивается между приводящей и четырёхглавой мышцами и продолжается в плоское, гребневидной формы (в виде пластины) плоское сухо-

жилие, которое начинается в области малого вертела, и продолжается по его медиальной губе, до нижней трети бедра. Каудальная поверхность этой сухожильной пластины является платом для закрепления пучков мышечных волокон приводящей мышцы.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

При изучении костно-мышечных взаимоотношений, ориентации пучков мышечных волокон и биомеханического моделирования статолокомоторного акта, нами получены оригинальные сведения об анатомофункциональных и топографических особенностях мышц флексоров тазобедренного сустава у свиньи крупной белой породы. На основании полученных данных можно утверждать, что основным сгибателем тазобедренного сустава у свиньи является подвздошно-поясничная мышца.

Она достаточно мясистая, крупная, тогда как малая поясничная мышца развита слабее и прикрыта большой поясничной мышцей. Среди головок подвздошной мышцы, на вентральной поверхности тела подвздошной кости хорошо дифференцирована латеральная головка, тогда как медиальная представлена в виде тонкой, небольшой мышцы, расположенной между сухожильными концами большой и малой поясничных мышц.

Напрягатель широкой фасции бедра имеет две части – краниальная часть однозначно выполняет функцию флексора тазобедренного сустава и одновременно напрягает широкую фасцию бедра. Латеральная часть напрягателя получает хорошее развитие и, исходя из ориентации пучков мышечных волокон кроме флексии сустава, подтягивает конечность вперёд.

Таким образом, у свиньи подвздошно-поясничная, гребешковая мышцы и мышечная часть напрягателя широкой фасции бедра достигают хорошего развития, тогда как портняжная мышца развита слабее. Закрепление дистального конечного сухожилия гребешковой мышцы в нижней трети бедренной кости, убедительно показывает, что при флексии сустава, она одновременно также супинирует тазобедренный сустав и приводит конечность вместе с портняжной мышцей.

Нами были уточнены точки закрепления длинного и короткого сухожилий портняжной мышцы, которые охватывая и покрывая с вентральной поверхности дистальную часть подвздошно-поясничной мышцы, факультативно выполняют функцию поддерживающей связки для данной мышцы. Сама мышца, способствует сгибанию тазобедренного сустава и приведению бедра.

Таким образом, нами были представлены новые данные об анатомических и топических особенностях сгибателей тазобедренного сустава у свиньи крупной белой породы, которые определяются механизмом стато-локомоторного акта животного. Можно полагать, что в разные фазы локомоции изменяется точка опоры изучаемых мышц, что сопровождается изменением их функционального назначения вследствие биомеханической специфичности обслуживаемых суставов.

Выявленные анатомические особенности мышц тазовой конечности являются эталонными в оценке опорно-двигательного аппарата у свиньи крупной белой породы, а также при ветеринарно-санитарной экспертизе получаемой мясной продукции.

ANATOMICAL AND TOPOGRAPHIC FEATURES OF THE HIP FLEXOR MUSCLES IN A LARGE WHITE PIG

Slesarenko N. A.* – Doctor of Biology, Prof. kaf. anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov (ORCID 0000-0002-8350-5965); **Oganov E. O.** – Candidate of Veterinary Sciences, Assoc. kaf. anatomy and Histology of Animals named after Professor A.F. Klimov (ORCID 0000-0003-1206-4397).**Shirokova E. O.** – Candidate of Biology, Associate Professor of the Faculty. Anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov, (ORCID 0000-0003-4891-5405).

K.I. Scriabin Moscow State Medical University

* slesarenko2009@yandex.ru

ABSTRACT

One of the most important tasks of the agro-industrial complex of the Russian Federation at this stage is to solve the problems associated with increasing meat resources, providing the population with high-quality meat products. The development of domestic beef cattle breeding will create conditions for the sustainable development of rural areas, which is one of the most important strategic goals of state policy, the achievement of which will ensure food security, increase the competitiveness of the Russian economy and the well-being of citizens. The article presents the anatomical features of hip flexors (flexors) in a large white breed pig. It has been shown that the main flexor of the hip joint in a pig is the iliolumbar muscle. It is quite fleshy, large, whereas the small lumbar muscle is less developed and is covered by the large lumbar muscle. Among the heads of the iliac muscle, the lateral head is well differentiated on the ventral surface of the iliac bone body, whereas the medial one is represented as a thin, small muscle located between the tendon ends of the large and small lumbar muscles. The material for the research was a sectional material – pelvic limbs (n=10), selected from pigs of a large white breed, without external signs of pathologies of the musculoskeletal system. Methods of fine macro- and microanatomic dissection, biomechanical modeling with subsequent functional analysis of the studied structures were used. New data on the anatomical and topical features of hip flexors in a large white pig are presented, which are determined by the mechanism of the static locomotor act of the animal. The points of fixation of the long and short tendons of the tailor's muscle have been established, which, covering and covering the distal part of the ilio-lumbar muscle from the ventral surface, optionally perform the function of a supporting ligament for this muscle.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Зотеев В. С. Эффективность использования циолитовых туфов Ягодзинского месторождения в комбикормах для свиней на откорме /Зотеев В.С., Симонов Г.А., Ищеряков А.С., Кириченко А.В. // Известия Самарской ГСХА. – Самара. – 2011. – Вып. 1. – С. 108-110.

2.Ильтяков А.В. Метод повышения биологической полноценности мышечной и жировой ткани свиней/ Ильтяков А.В., Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Ступина Е.С.// Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 6 (136). – С. 34-37.

3.Морозова Л.А. Хозяйственно-биологические особенности чистопородных и гибридных свиней канадской селекции/ Морозова Л.А., Ильтяков А.В., Неупокоева А.С. // Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов РФ: материалы международной научно-практической конференции. Курган: Изд-во Курганская ГСХА, 2018. – С. 850 – 853.

4.Муратова А.Р. Морфофункциональные особенности мышц суставов тазовой конечности у хищных / Муратова А.Р., Лазарева М.В. // Сборник III Всероссийской (национальной) научной конференции «Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий». – 2018. – С. 750-753.

5.Слесаренко Н.А. Морфофункциональные особенности строения мышц коленного сустава в зависимости от механизма статолокомоторного акта / Слесаренко Н.А., Широкова Е.О., Иванцов В.А. // Иппология и ветеринария. – 2022. - № 1 (43). – С. 160-167.

6.Слесаренко Н.А. Макроморфологическая характеристика мышц тазобедренного сустава у благородного пятнистого оленя / Слесаренко Н.А., Оганов Э.О., Широкова Е.О. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. - № 1 – С. .63-71.

7.Стратонов, А. С. Морфофункциональная характеристика мускулатуры стило и зейгоподия у свиней породы ландрас в период новорожденности / Стратонов А.С., Щипакин М.В. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2016. – № 4. – С. 262-264.

8.Широкова Е.О. Анатомо-топографические особенности четырёхглавой мышцы бедра у благородного пятнистого оленя /Широкова Е. О., Слесаренко Н. А., Оганов Э. О.// Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2023. – № 2. – С. 50-59.
9.Кровоснабжение области бедра и голени кролика породы немецкий великан / А. В. Прусаков, Н. В. Зеленевский, М. В. Щипакин [и др.] // Иппология и ветеринария. – 2018. – № 2(28). – С. 100-103.
10.Стратонов, А. С. Морфометрическая характеристика пояса тазовой конечности у новорождённых свиней породы ландрас и йоркшир / А. С. Стратонов, М. В. Щипакин // Иппология и ветеринария. – 2018. – № 2(28). – С. 104-109.
11.Сравнительная морфология скелета бедра кошки домашней и кролика / А. В. Прусаков, М. В. Щипакин, С. В. Вирунен [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2016. – № 3. – С. 80-83.
12.Мельников, С. И. Артериальное кровоснабжение области бедра и голени шиншиллы длиннохвостой / С. И. Мельников // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов LIII Международной студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 29 марта 2019 года. Том Часть 1. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2019. – С. 25-28.
13.Яволовская, Я. О. Скелет пояса тазовой конечности соболя черной пушкинской породы в возрастном аспекте / Я. О. Яволовская, М. В. Щипакин // Иппология и ветеринария. – 2023. – № 1(47). – С. 118 -128.
14.Рыбалкин, С. М. Кранио-латеральный и латеральный доступы к тазобедренному суставу с остеотомией большого вертела / С. М. Рыбалкин, М. В. Щипакин // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти доктора биологических наук, профессора, Заслуженного работника Высшей школы РФ, Почётного работника высшего профессионального образования РФ, Почётного профессора Брянской ГСХА, Почётного гражданина Брянской области Егора Павловича Ващекина, Брянск, 22 января 2024 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2024. – С. 117-120.
15.Морфологические особенности строения бедра и голени у собак пород бассет-хаунд и далматин в сравнительном аспекте / С. В. Вирунен, М. В. Щипакин, А. В. Прусаков [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2016. – № 1. – С. 175-178.

REFERENCES

1. Zoteev V. S. Efficiency of using cyolite tuffs of the Yagodzinsky deposit in compound feeds for fattening pigs / Zoteev V.S., Simonov G.A., Isheryakov A.S., Kirichenko A.V. // Izvestiya Samarskaya GSHA. – Samara. - 2011. – Issue 1. – pp. 108-110.
2. Iltyakov A.V. Method of increasing the biological usefulness of muscle and adipose tissue of pigs/ Iltyakov A.V., Mikolajchik I.N., Morozova L.A., Stupina E.S.// Agrarian Bulletin of the Urals. – 2015. – № 6 (136). – Pp. 34-37.
3. Morozova L.A. Economic and biological features of purebred and hybrid pigs of Canadian breeding/ Morozova L.A., Iltyakov A.V., Neupokoeva A.S. // Scientific support for innovative development of the agro-industrial complex of the regions of the Russian Federation: materials of the international scientific and practical conference. Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy Publishing House, 2018. – pp. 850 – 853.
4. Muratova A.R. Morphofunctional features of the muscles of the joints of the pelvic limb in predatory animals / Muratova A.R., Lazareva M.V. // Collection of the III All-Russian (national) scientific conference "The role of agrarian science in the sustainable development of rural areas". - 2018. – pp. 750-753.
5. Slesarenko N.A. Morphofunctional features of the structure of the knee joint muscles depending on the mechanism of the statolocomotor act / Slesarenko N.A., Shirokova E.O., Ivantsov V.A. // Hippology and veterinary medicine. – 2022. - № 1 (43). – Pp. 160

-167.
6. Slesarenko N.A. Macromorphological characteristics of the muscles of the hip joint in the noble spotted deer / Slesarenko N.A., Oganov E.O., Shirokova E.O. // Izvestiya Samara State Agricultural Academy. – 2023. - No. 1 – pp. .63-71.
7. Stratonov, A. S. Morphofunctional characteristics of the muscles of the stylus and zeigopodia in pigs of the Landrace breed during the newborn period / Stratonov A.S., Shchipakin M.V. // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. - 2016. – No. 4. – pp. 262-264.
8. Shirokova E.O. Anatomical and topographic features of the quadriceps femoral muscle in the noble spotted deer / Shirokova E. O., Slesarenko N. A., Oganov E. O. // Veterinary medicine, zootechny and biotechnology. - 2023. – No. 2. – pp. 50-59.
9. Blood supply to the thigh and shin area of a German giant rabbit / A.V. Prusakov, N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin [et al.] // Hippology and veterinary medicine. – 2018. – № 2(28). – Pp. 100-103.
10. Stratonov, A. S. Morphometric characteristics of the pelvic limb girdle in newborn pigs of the Landrace and Yorkshire breed / A. S. Stratonov, M. V. Shchipakin // Hippology and veterinary medicine. – 2018. – № 2 (28). – Pp. 104-109.
11. Comparative morphology of the femoral skeleton of a domestic cat and a rabbit / A.V. Prusakov, M. V. Shchipakin, S. V. Virunen [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2016. – No. 3. – pp. 80-83.
12. Melnikov, S. I. Arterial blood supply to the thigh and shin area of chinchilla longtail / S. I. Melnikov // Actual issues of science and economics: new challenges and solutions: Collection of materials of the LIII International Student Scientific and Practical Conference, Tyumen, March 29, 2019. Volume Part 1. – Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2019. – pp. 25 -28.
13. Yavolovskaya, Ya. O. The skeleton of the pelvic limb belt of the sable of the black Pushkin breed in the age aspect / Ya. O. Yavolovskaya, M. V. Shchipakin // Hippology and veterinary medicine. – 2023. – № 1(47). – Pp. 118-128.
14. Rybalkin, S. M. Cranio-lateral and lateral access to the hip joint with osteotomy of the large trochanter / S. M. Rybalkin, M. V. Shchipakin // Actual problems of intensive development of animal husbandry: International scientific and practical conference dedicated to the memory of Egor Pavlovich Vashchekin, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Honorary Professor of the Bryansk State Agricultural Academy, Honorary Citizen of the Bryansk region, Bryansk, January 22, 2024. – Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2024. – pp. 117-120.
15. Morphological features of the structure of the thigh and lower leg in dogs of Bassethound and Dalmatian breeds in a comparative aspect / S. V. Virunen, M. V. Shchipakin, A.V. Prusakov [et al.] // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. - 2016. – No. 1. – pp. 175-178.

УДК: 576:611.018.74:612.82:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.211

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАСТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫХ КЛЕТОК КАПИЛЛЯРОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА МЛЕКОПИТАЮЩИХ, НА ПРИМЕРЕ БЫКА ДОМАШНЕГО

Прусаков А.В.* – д-р ветеринар. наук, доц., зав. кафедрой внутренних болезней животных им. Синева А.В. (ORCID 0000-0001-5582-5155).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*prusakovv-av@mail.ru

Ключевые слова: *эндотелий, гистогематические барьеры, головной мозг, нервная система, гематоэнцефалический барьер, гомеостаз.*

Key words: *endothelium, histohematic barriers, brain, nervous system, blood-brain barrier, homeostasis.*

Поступила: 29.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В организме существует множество тканевых барьеров, работа которых во многом обусловлена строением стенки сосудов капиллярного русла. Каждый из них имеет свою структурную организацию, обуславливающую особенности транспорта веществ. Множество патологий обусловлено нарушением их проницаемости, сопряженных с изменениями состава интерстициальной среды. Именно поэтому изучение особенностей организации структур гистогематических барьеров имеет не только теоретическое, но и крайне важное практическое значение. Учитывая вышеизложенное, была поставлена цель – установить особенности ультраструктурной организация эндотелиальных клеток капилляров коры головного мозга млекопитающих, на примере быка домашнего. Исследование проводили с применением методики электронной микроскопии. Материалом послужили фрагменты тканей коры головного мозга быка домашнего. Их обработку с целью изготовления ультратонких срезов проводили по общепринятым методикам. Срезы контрастировали 2,0% водным раствором уранилацетата и раствором цитрата свинца. Фотографии ультратонких срезов получали при помощи электронного микроскопа Jem-1011 (JEOL, Япония) на увеличениях 2500-3000. Приведенные в работе термины соответствуют Международной гистологической номенклатуре. Установлено, что эндотелиоциты капилляров коры головного мозга млекопитающих представляют собой низкопрофильные клетки, имеющие полигональную форму. В их составе выявляется одно крупное сферическое ядро. Гетерохроматин в составе последнего занимает периферическую зону, за счет чего его центральная часть остается электронносветлой. Малый объем цитоплазмы, окружает тонким слоем ядро клетки. В ее составе выявляется малое число органелл и небольшое количество пиноцитозных пузырьков, что свидетельствует о низкой транспортной активности клетки.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Гистогематические барьеры лежат в основе транскапиллярного обмена, проходящего на уровне микроциркуляторного русла. За счет их наличия обеспечивается относительное постоянство состава и свойств тканевой жидкости, то есть создается адекватная среда для нормального функционирования клеточных элементов. В организме существует множество тканевых барьеров. Их работа во многом обусловлена строением стенки сосудов капиллярного русла. Каждый из данных сосудов имеет свою структурную организацию, обуславливающую особенности транспорта веществ. Множество патологий обусловлено нарушением их проницаемости, сопряженных с изменениями состава интерстициальной среды. Именно поэтому изучение особенностей организации структур гистогематических барьеров имеет не только теоретическое, но и крайне важное практическое значение.

Учитывая вышеизложенное, была поставлена цель – установить особенности ультраструктурной организация эндотелиальных клеток капилляров коры головного мозга млекопитающих, на примере быка домашнего.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводили с применением методики электронной микроскопии. В качестве объекта исследования была выбрана ультраструктурная организация эндотелиальных клеток капилляров коры головного мозга. Материалом послужили участки тканей коры лобных долей больших полушарий головного мозга быка домашнего. Фрагменты тканей отбирали при плановом от трех особей возрастом 1,5 года, не имевших признаков поражения нервной системы. Их обработку с целью изготовления ультратонких срезов проводили по общепринятой методике. Последние получали на ультрамикротоме (LKB-III – Швеция) после чего контрастировали 2,0% водным раствором уранилацетата и раствором цитрата свинца. Фотографии ультратонких срезов получали при помощи электронного микроскопа Jem-1011 (JEOL, Япония) на увеличениях 2500-3000. Приведенные в статье термины соответствуют Международной гистологической номенклатуре.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

На полученных электроннограммах отчетливо видно, что просвет капилляров исследуемой области мозга сформирован за счет эндотелиоцитов. Последние контактируют друг с другом плотными контактами и представляют собой низкопрофильные клетки, имеющие полигональную форму. В их составе выявляется одно крупное сферическое ядро, окруженное ядерной оболочкой – кариолеммой. Последняя сформирована за счет двух липопротеиновых мембран – наружной и внутренней. Наружная обращена в сторону цитоплазмы клетки, а внутренняя в сторону ядерного матрикса. Вдоль внутренней мембраны выявляются темные конгломераты гетерохроматина, хорошо различимые на фоне светлого нуклеарного содержимого. В составе оболочки ядра иногда различимы поры, достигающих максимального диаметра до 200 нм. Местами на электроннограммах встречаются ядра с измененной сложной, удлиненной лопастной формой. За счет наличия множественных выпячиваний ядерной оболочки, заметных в виде извилин ее контуров, у таких ядер увеличивается поверхность по отношению к их внутреннему объему, что свидетельствует о повышении физиологической активности клетки (рисунок 1).

Для эндотелиоцитов капилляров коры головного мозга характерно наличие малого объема цитоплазмы, окружающей тонким слоем ядро. За счет этого клетка приобретает своеобразную форму. Так, центрально расположенное крупное ядро участвует в формировании самого высокого участка тела клетки. При этом его истонченная краевая зона, содержащая цитоплазму, лежит по периферии.

Можно отметить, что цитоплазма эндотелиоцитов за счет малого количества органелл и клеточных включений достаточно светлая. В ней выявляются множе-

ственные электронноплотные мелкие рибосомы, а также их агломерации – полирибосомы. При этом, каждая из рибосом представляет собой округлую гранулообразную структуру, достигающую диаметра до 30 нм.

Также в цитоплазме встречаются в небольшом количестве митохондрии имеющие светлый матрикс. Они представляют собой двухмембранные органеллы, достигающие диаметра 1,0 мкм. Наружная мембрана определяет их внешнюю округлую или округло-вытянутую форму. Внутренняя мембрана в полости органеллы формирует складки – кристы, увеличивающие поверхность для протекания биохимических реакций.

Границы клетки сформированы за счет цитоплазматической мембраны. Ее люминальная часть обращена в сторону просвета гемокапилляра. При повышении функциональной активности она способна формировать выпячивания в сторону кровеносного русла, увеличивая поверхность для контакта с протекающей кровью. При этом, можно отметить увеличение числа пиноцитозных пузырьков в составе цитоплазмфы, что говорит о повышении транспортной активности клетки.

Аблюминальная часть клетки лежит на непрерывной базальной мембране. За счет непрерывности последней капилляры коры головного мозга изученного вида животных можно отнести к непрерывному типу (рисунок 2).

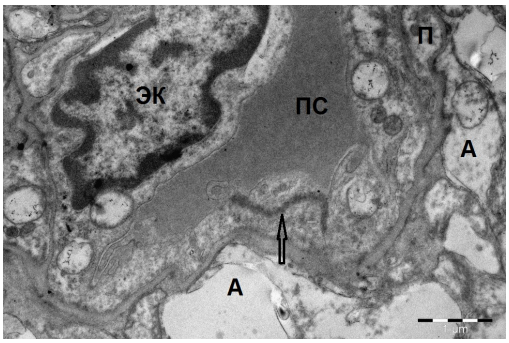


Рисунок 1 – Ультраструктура эндотелиоцита капилляра коры больших полушарий головного мозга млекопитающего в фазе активности.
Электронная микрофотография:
ЭК – эндотелиальная клетка;
П – перицит; А – ножки астроцитов;
ПС – просвет кровеносного сосуда;
↑ – плотные контакты.

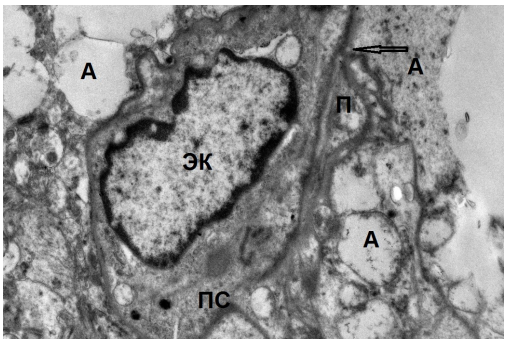


Рисунок 2 – Ультраструктура эндотелиальной клетки капилляра коры больших полушарий головного мозга быка домашнего.
Электронная микрофотография:
ЭК – эндотелиальная клетка;
П – перицит; А – ножки астроцитов;
ПС – просвет кровеносного сосуда;
↑ – базальная мембрана.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, эндотелиоциты капилляров коры головного мозга млекопитающих представляют собой низкопрофильные клетки, имеющие полигональную форму. В их составе выявляется одно крупное сферическое ядро. Гетерохроматин в составе последнего занимает периферическую зону, за счет чего его центральная часть электронносветлая. Малый объем цитоплазмы, окружает тонким слоем ядро клетки. В ее составе выявляется малое число органелл и небольшое количество пиноцитозных пузырьков, что свидетельствует о низкой транспортной активности клетки.

FEATURES OF THE ULTRASTRUCTURAL ORGANIZATION OF ENDOTHELIAL CELLS OF THE CAPILLARIES OF THE MAMMALIAN CEREBRAL CORTEX, USING THE EXAMPLE OF A DOMESTIC BULL

Prusakov A.V. * – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Internal Diseases of Animals named after Sineva A.V. (ORCID 0000-0001-5582-5155).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*prusakovv-av@mail.ru

ABSTRACT

There are many tissue barriers in the body, the work of which is largely due to the structure of the vascular wall of the capillary bed. Each of them has its own structural organization, which determines the characteristics of the transport of substances. Many pathologies are caused by a violation of their permeability, associated with changes in the composition of the interstitial medium. That is why the study of the features of the organization of histogematic barrier structures is not only theoretical, but also extremely important in practice. Considering the above, the goal was set to establish the features of the ultrastructural organization of the endothelial cells of the capillaries of the mammalian cerebral cortex, using the example of a domestic bull. The study was carried out using the technique of electron microscopy. The material was fragments of the cerebral cortex of a domestic bull. Their processing for the production of ultrathin sections was carried out according to generally accepted methods. The sections were contrasted with a 2.0% aqueous solution of uranyl acetate and a solution of lead citrate. Photos of ultrathin sections were obtained using the Jem-1011 electron microscope (JEOL, Japan) at magnifications of 2500-3000. The terms given in the work correspond to the International Histological Nomenclature. It has been established that the endotheliocytes of the capillaries of the mammalian cerebral cortex are low-profile cells with a polygonal shape. One large spherical core is revealed in their composition. Heterochromatin in the composition of the latter occupies the peripheral zone, due to which its central part remains electron-luminous. A small volume of cytoplasm surrounds the cell nucleus with a thin layer. It contains a small number of organelles and a small number of pinocytic vesicles, which indicates low cell transport activity.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дроздова, Л. И. Гистогематические барьеры и их роль в патологии / Л. И. Дроздова // Омский научный вестник. – 2004. – № S1-1 (26). С. 179-180.

2. Мусина, Л. А. Морфологические особенности структуры элементов гистогематических барьеров при заболеваниях слизистой оболочки рта / Г. М. Акмалова, Г. И. Ронь, Л. А. Мусина, Н. Д. Чернышева // В сборнике: Материалы тринадцатого сибирского конгресса: "Стоматология и челюстно-лицевая хирургия с международным участием"; Всероссийского симпозиума: "Новые технологии в стоматологии". – 2018. С – 20-23.

3. Прусаков, А. В. Гистогематические барьеры животных / А. В. Прусаков, Н. В. Зеленевский. – Санкт-Петербург: Культурно-Просветительское Товарищество, 2022. – 46 с.

4. Прусаков, А. В. Кровоснабжение головного мозга шиншиллы длиннохвостой (Chinchilla lanigera) / А. В. Прусаков, Н. В. Зеленевский, М. В. Щипакин [и др.] // Иппология и ветеринария. – 2019. – № 2 (32). – С. 90-93.

5. Прусаков, А. В. Особенности рентгеноанатомии артериального сосудистого русла головного мозга таксы / А. В. Прусаков // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2014. – Т. 218, № 2. – С. 215-220.

6. Прусаков, А. В. Сравнительная ультраструктурная организация гематоэнцефалического барьера птиц и млекопитающих / А. В. Прусаков, Н. В. Зеленевский, М. В. Щипакин, Д. С. Былинская, Д. В. Васильев // Морфология – 2019 – № 6 – С.

114.
7. Семченко, В. В. Международная гистологическая номенклатура / В. В. Семченко, Р. П. Самусева, М. В. Моисеева, З. Л. Колосова // Омск: Омская медицинская академия, 1999. – 156 с.
8. Уикли, Б. Электронная микроскопия для начинающих / Б. Уикли. – Москва: Издательство «Мир», 1975 – 324 с.
9. Яшин, А. В. Особенности состояния микроциркуляторного русла и мембранного пищеварения у новорожденных телят при диспепсии / А. В. Яшин, А. В. Прусаков // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – № 2. – С. 155-160.
10. Prusakova, A. Organization of histohematic barriers of the liver in Anglo-Nubian goat / A. Prusakova, N. Zelenevskiy, A. Prusakov [et al.] // Online Journal of Animal and Feed Research. – 2023. – Vol. 13, No. 4. – P. 242-245.
11. Prusakova, A. V. Ultrastructural organization of liver hepatocytes of the Anglo-Nubian goat / A. V. Prusakova, N. V. Zelenevskiy, A. V. Prusakov [et al.] // Veterinarski Glasnik. – 2023. – Vol. 77, No. 2. – P. 176-187.
12. Prusakova, A. V. Ultra-structural organization of the gallbladder mucous membrane of Anglo-Nubian goat / A. V. Prusakova, N. V. Zelenevskiy, A. V. Prusakov [et al.] // Veterinary Research Forum. – 2024. – Vol. 15, No. 3. – P. 165-169.

REFERENCES

1. Drozdova, L. I. Histogematic barriers and their role in pathology / L. I. Drozdova // Omsk Scientific Bulletin. – 2004. -No.S1-1 (26), pp. 179-180.
2. Musina, L. A. Morphological features of the structure of elements of histogematic barriers in diseases of the oral mucosa / G. M. Akmalova, G. I. Ron, L. A. Musina, N. D. Chernysheva // In the collection: Materials of the Thirteenth Siberian Congress: "Dentistry and maxillofacial surgery with international participation"; All-Russian Symposium: "New technologies in dentistry". - 2018. From – 20-23.
3. Prusakov, A.V. Histogematic barriers of animals / A.V. Prusakov, N. V. Zelenevsky. – St. Petersburg: Cultural and Educational Partnership, 2022. – 46 p.
4. Prusakov, A.V. Blood supply to the brain of Chinchilla long-tailed (Chinchilla lanigera)/A.V. Prusakov, N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin [et al.] // Hippology and veterinary medicine. – 2019. – № 2(32). – Pp. 90-93.
5. Prusakov, A.V. Features of X-ray anatomy of the arterial vascular bed of the dachshund brain / A.V. Prusakov // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. - 2014. – Vol. 218, No. 2. – pp. 215-220.
6. Prusakov, A.V. Comparative ultrastructural organization of the blood-brain barrier of birds and mammals / A.V. Prusakov // Morphology – 2019 – No. 6 – p. 114.
7. Semchenko, V. V. International histological nomenclature / V. V. Semchenko, R. P. Samuseva, M. V. Moiseeva, Z. L. Kolosova // Omsk: Omsk Medical Academy, 1999. – 156 p.
8. Weekley, B. Electron microscopy for beginners / B. Weekley. – Moscow: Mir Publishing House, 1975 – 324 p.
9. Yashin, A.V. Features of the state of the microcirculatory bed and membrane digestion in newborn calves with dyspepsia / A.V. Yashin, A.V. Prusakov // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2021. – No. 2. – pp. 155-160.
10. Prusakova, A. Organization of histohematic barriers of the liver in Anglo-Nubian goat / A. Prusakova, N. Zelenevskiy, A. Prusakov [et al.] // Online Journal of Animal and Feed Research. – 2023. – Vol. 13, No. 4. – P. 242-245.
11. Prusakova, A. V. Ultrastructural organization of liver hepatocytes of the Anglo-Nubian goat / A. V. Prusakova, N. V. Zelenevskiy, A. V. Prusakov [et al.] // Veterinarski Glasnik. – 2023. – Vol. 77, No. 2. – P. 176-187.
12. Prusakova, A. V. Ultra-structural organization of the gallbladder mucous membrane of Anglo-Nubian goat / A. V. Prusakova, N. V. Zelenevskiy, A. V. Prusakov [et al.] // Veterinary Research Forum. – 2024. – Vol. 15, No. 3. – P. 165-169.

УДК: 591.8
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.216

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ БЕЛКА NPM1 ПРИ ТУБУЛЯРНОМ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У КОШЕК

Митенко В.В.* – канд. биол. наук, асс. каф. паразитологии и ветсанэкспертизы, анатомии и патанатомии им. профессора С.Н. Никольского (ORCID 0000-0003-1594-8630); **Дилекова О.В.** – д-р биол. наук, зав. каф. паразитологии и ветсанэкспертизы, анатомии и патанатомии им. профессора С.Н. Никольского (ORCID 0000-0003-0247-8633).

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный агарный университет»

*mitenko.vas@yandex.ru

Ключевые слова: *кошка, молочная железа, опухоль, тубулярная карцинома, иммуногистохимия (ИГХ), нуклеофозмин (NPM1).*

Keywords: *cat, mammary gland, tumor, tubular carcinoma, immunohistochemistry (IHC), nucleophosmin (NPM1).*

Поступила: 18.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Канцерогенез опухолей молочных желез кошек отличается своей однородностью в отношении клеточных структур, за счет этого можно хорошо проанализировать влияние отдельных сигнатурных паттернов на механизм возникновения рака. Для этого необходимо определить функциональное состояние отдельных белков, которые начинают экспрессировать как внутри, так и на поверхности ядерной структуры. Некоторые мультифункциональные белки в области ядрышковых организаторов формируют активность ядра, что тесно связано с регуляцией клеточного цикла. Белок нуклеофозмин является важнейшим клеточным белком, который участвует в ряде путей, включая транспорт мРНК, ремоделирование хроматина, апоптоз и стабильность генома. Он слабо экспрессируется покоящимися клетками, но его гиперэкспрессия приводит клетку к стимуляции деления и увеличению метастатического потенциала. Поэтому целью нашего исследования являлось изучение экспрессии белка нуклеофозмина (NPM1) при разных гистологических градациях тубулярной карциномы в молочных железах у кошек (n=13). В обзоре представлены результаты гистологического строения тубулярной карциномы от высокодифференцированного до низкодифференцированного типа. При изучении материла было выявлено, что в 5 образцах опухолей G3 в лимфатических сосудах, которые располагались трансгранично, регистрировали опухолевые эмболы, также в одном образце лимфатического узла был зарегистрирован макрометастаз, занимающий около 70 % паренхимы коркового вещества. При выполнении иммуногистохимического исследования (ИГХ) определили, что иммунопозитивные участки отмечали в ядрышковой локализации, при этом регистрировали оценку окрашивания, которая соответствовала умеренной (++) для

высокодифференцированных опухолей и сильной (+++) для низкодиффернцированных. Таким образом, при гиперэкспрессии данного маркера происходила дезорганизация хроматина в ядрышке с увеличением субкомпартментов в ядре, что в последующем приводило к увеличению метастатического потенциала характерного для опухолей G3.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Опухоли молочных желёз у кошек характеризуются меньшей гетерогенностью и преобладанием простых злокачественных новообразований. Это является одной из основных причин смертности, особенно среди самок среднего и пожилого возраста [2,8].

Гистологические исследования показали, что наиболее распространёнными опухолями молочной железы у кошек являются карциномы, развивающиеся из эпителия протоков и альвеол. Менее часто встречаются опухоли со смешанным происхождением [3,7,12].

Гистологические паттерны карцином молочной железы у кошек разнообразны и могут сочетаться в одной опухоли. Большинство исследований не обнаружили связи между гистологическим типом и прогнозом, однако в некоторых случаях специфическая гистология может указывать на более или менее агрессивное поведение [1,4].

Особенность тубулярной карциномы заключается в преобладании открытых канальцев, состоящих из одного слоя эпителиальных клеток, окружающих просвет. Их доля в большинстве случаев превышает 90% от общей массы опухоли. Канальцы обычно имеют смешанную форму овальных, округлых и угловатых структур и располагаются хаотично. Люминальный эпителий может иметь различные параметры в размерах, а также наблюдаются митотические фигуры. Миоэпителиальные клетки отсутствуют вокруг канальцев, хотя у некоторых из них может отсутствовать прилегающий слой базальной мембраны. Вторичным, но важным признаком является клеточная десмопластическая строма, обычно связанная с канальцевыми структурами [10, 5].

Кроме описания гистологического строения опухолей молочных желез у кошек в последнее время применяют молекулярную диагностику. Анализируя отечественные и зарубежные источники данные по оценки экспрессии генов, в частности ядрышковых организаторов мало изучены [11].

Нуклеофозмин (NPM1) — это преимущественно ядрышковый белок, который играет важную роль в клеточном росте и гомеостазе, контролируя биогенез рибосом и реакцию на стресс. Его многофункциональность определяется способностью взаимодействовать с нуклеиновыми кислотами и множеством других белков, что напрямую связано с процессом созревания рибосом в ядре и последующим переносом их субъединиц в цитоплазму [6].

Целью данной работы являлось исследование агрессивных паттернов тубулярной карциномы в опухолях молочных желёз у кошек и определение морфофункциональной активности NPM1 в ядрышках злокачественных клеток.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводилось с 2022-2024 гг. в г. Ставрополе на базе Научно-диагностического и лечебно-ветеринарного центра и кафедре паразитологии и ветсанэкспертизы, анатомии и патанатомии им. профессора С.Н. Никольского ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет».

В качестве материала для этого исследования использовались отобранные образцы биопсии опухолей молочных желёз у кошек (n = 13), полученные путём унилатеральной или билатеральной мастэктомии не позднее чем за 20 минут до фиксации. Для анализа были выбраны фрагменты изменённых участков молочных желёз размером 1 см³ с захватом здоровой ткани и кожи. Образцы фиксировались в течение 48 часов в 10%-забуференном растворе формалина

(БиоВитрум, Россия).

После проведения фиксации образцы были обработаны спиртами с возрастающей концентрацией (50, 60, 70, 80 и 96 градусов) и ксилолом, после чего их поместили в гистологическую среду «Гистомикс Экстра» (БиоВитрум, Россия). Для этого использовали гистологический процессор Tissue-Tek VIP™ 5 Jr закрытого типа и станцию Tissue-Tek® TEC™ 5 для парафиновой заливки (Sakura, Япония).

Из полученных блоков с помощью ротационного микротома Accu-Cut® SRM™ 200 (Япония) и стола для подготовки гистологических срезов Bio-Optica (Италия) были изготовлены срезы толщиной 3–4 микрометра. Их окрасили красителями гематоксилином и эозином (БиоВитрум, Россия) на автоматическом мультистейнере Prisma™ (Sakura, Япония).

Для проведения иммуногистологического исследования изготавливались парафиновые срезы образцов опухолевой ткани молочных желёз толщиной 3–4 мкм, которые монтировались на стёкла, обработанные поли-L-лизином (Menzel, Австралия).

Далее применяли антитела NPM1 кроличьи моноклональные Anti-Nucleophosmin antibody (SP236) 1:25 – 1:50 (Abcam plc, Великобритания). Для блокирования эндогенной пероксидазы срезы инкубировали в течение 20 мин в 3% растворе перекиси водорода. Постановку ИГХ реакций проводили с помощью пероксидазы-полимерной системы визуализации по стандартному протоколу фирмы-производителя (Dako, США). Антитела демаскировали кипячением срезов при 100 ºС в цитратном буфере (pH=6,0) в течение 10 мин. На заключительном этапе реакции срезы докрашивали гематоксилином Майера. Негативным контролем служили реакции с заменой первых антител раствором для разведения (SpringBioScience, США).

Гистологические препараты исследовали с использованием микроскопа Olympus BX53 со встроенным фотоаппаратом C 300 (Япония). С каждого препарата сделали по 10 цифровых снимков при увеличении ×200, ×400, ×600, ×800.

Интенсивность экспрессии иммунореактивного материала оценивали визуально, принимая во внимание процент активных клеток и общую площадь иммунопозитивных структур согласно рекомендациям Американского общества клинической онкологии и Колледжа американских патологов (ASCO/CAP) от 2013 года. С каждого препарата выполняли по 10 цифровых снимков в иммунопозитивных участках при увеличении ×400, ×1000.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В ходе исследования были отобраны образцы кошек (n=13) с диагнозом тубулярная карцинома молочных желёз. Средний возраст таких животных составлял 12,6 лет. Среди них присутствовали породы: британская короткошёрстная (n=3), персидская (n=2), бенгальская (n=1), сфинкс (n=1). Среди всех животных 30,7 % составляли стерилизованные самки.

Количественный показатель гистологической оценки степени злокачественности опухолей составлял: высокодифференцированный тип (G1) – 1, умереннодифференцированный тип (G2) – 4 и низкодифференцированный тип (G3) – 8.

Высокодифференцированный тип данной опухоли был представлен слегка атипичными эпителиальными клетками, формирующими множественные структуры в виде трубочек, которые занимали более 50 % всей опухолевой ткани. В ядрах отмечалось одно ядрышко, вокруг которого регистрировали мелкие песчинки хроматина.

При иммуногистохимическом исследовании было обнаружено, что образец ткани с типом G1 формировал иммунопозитивные участки, представленные 10 % от общей площади среза. Оценка окрашивания раковых клеток составляла как умеренная (++). Паттерн экспрессии NPM1 регистрировали в ядрышковом аппарате в виде умеренного окрашивая светло-коричневого цвета в количестве 1-ой структуры.

Умеренно-дифференцированный тип характеризовался другой патологической картиной, в нем отмечали уже мало сформированных тубулярных строений. Эпителиальные клетки формировали выраженный плеоморфизм, ядра были гипохромными, присутствовало 1-2 ядрышка.

В ходе иммуногистологического исследования образцов ткани с типом G2 было выявлено, что иммунопозитивные участки формировали более 40 % от общей площади среза. В атипичных клетках регистрировали сильное окрашивание (+++). Паттерн экспрессии NPM1 отмечали в ядрышковом аппарате в виде интенсивного гомогенного окрашивания темно-коричневого цвета, в данных клетках отчетливо просматривался анизонуклеоз. Количество видоизмененных позитивных ядрышек насчитывали от 1-го до 3-х.

При низкодифференцированном типе отмечали единичные тубулярные цепочки, эпителиальные клетки формировали высокий атипический потенциал, при этом хроматин распределялся неравно по структуре ядра в виде грубых частиц. Наблюдалось множественное количество митозов с атипичными признаками (n=20), а также на некоторых участках отмечали клетки с двумя ядрами и обильной цитоплазмой (n=5). Формировались большие участки некрозов в центре самой опухолевой ткани. В пяти образцах в лимфатических сосудах регистрировали опухолевые эмболы, состоящие из 5-10 клеток, которые четко формировали эпителиальный каркас, напоминающий тубулярную структуру. В одном образце ткани лимфатического узла был обнаружен макрометастаз, опухолевые клетки занимали около 70 % паренхимы коркового вещества.

Иммуногистологическое исследование 8 образцов ткани с типом G3 показало, что иммунопозитивные участки занимали более 70 % площади среза. Экспрессия NPM1 в раковых клетках оценивалась как сильное окрашивание (+++). Паттерн экспрессии белка в клетках наблюдался в ядрышковом организаторе, при этом отчетливо просматривался анизонуклеоз с формированием макроядрышка. Окрашивание внутриядерного субкомпартмента визуализировали в виде плотного, гомогенного темно-коричневого цвета, в некоторых клетках вокруг макроядрышка были отмечены мелкие хаотично разрозненные светло-коричные частицы. Количественный показатель ядрышек насчитывали от 1-го до 5-ти структур. При исследовании образца лимфатического узла с метастазом выявили, что иммунопозитив-

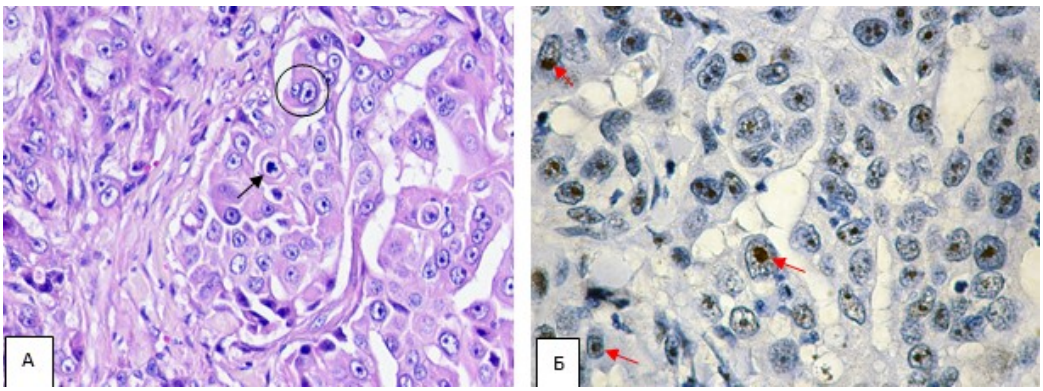


Рисунок 1 – А. Тубулярная карцинома (G3), атипичная форма митоза (↑), двухъядерная клетка (○), (абиссинская кошка, 12 лет). Окраска гематоксилином и эозином, ув. ×400. Б. NPM1 + маркер, макроядрышки (↑) в ядрах опухолевых клеток. Тубулярная карцинома (G3) (персидская кошка, 9 лет). ИГХ реакция на NPM1. Продукт реакции коричневого цвета. Ув. ×600.

ные участки занимали около 60 % поврежденной ткани. Паттерн экспрессии маркера NPM1 отмечали в ядрышках, при этом гиперэкспрессия была выражена в клетках с анизонуклеозом.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, полученные данные по изучению нуклеолярного маркера NPM1 показали, что происходил рост ядрышек и их гиперэкспрессия в опухолях, имеющих низкую дифференцировку и инвазию в лимфатические сосуды по сравнению с локализованными новообразованиями. Чем больше опухолевая клетка содержала нуклеолонемных ядрышек, в которых находился белок нуклеофозмин, тем выше проявлялась злокачественность рака. При метастазировании опухолевых клеток данный белок способствовал к приобретению ими более выраженных злокачественных свойств. Поэтому дальнейшее изучение морфофункциональной активности ядрышек и экспрессии маркера нуклеофозмина в опухолевых клетках поможет определить вероятность развития метастазов и спрогнозировать течение рака молочных желёз.

MORPHOFUNCTIONAL ACTIVITY OF NPM1 PROTEIN IN TUBULAR-BREAST CANCER IN CATS

Mitenko V.V.* – Candidate of Biological Sciences, ass. of the Department of Parasitology and Veterinary Medicine, Anatomy and Pathanatomy named after Professor S.N. Nikolsky (ORCID 0000-0003-1594-8630)
Dilekova O.V. – Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Parasitology and Veterinary Medicine, Anatomy and Pathanatomy named after Professor S.N. Nikolsky (ORCID 0000-0003-0247-8633).
Stavropol State Agricultural University

*mitenko.vas@yandex.ru

ABSTRACT

The carcinogenesis of mammary gland tumors in cats is characterized by its uniformity with respect to cellular structures, due to this, it is possible to analyze the effect of individual signature patterns on the mechanism of cancer occurrence well. To do this, it is necessary to determine the functional state of individual proteins that begin to express both inside and on the surface of the nuclear structure. Some multifunctional proteins in the region of nucleolar organizers form the activity of the nucleus, which is closely related to the regulation of the cell cycle. The nucleophosmin protein is an essential cellular protein that is involved in a number of pathways, including mRNA transport, chromatin remodeling, apoptosis, and genome stability. It is poorly expressed by resting cells, but its overexpression leads the cell to stimulate division and increase metastatic potential. Therefore, the aim of our study was to study the expression of the nucleophosmin protein (NPM1) at different histological gradations of tubular carcinoma in mammary glands in cats (n=13). The review presents the results of the histological structure of tubular carcinoma from the highly differentiated to the low-differentiated type. When studying the material, it was revealed that tumor emboli were recorded in 5 samples of G3 tumors in lymphatic vessels that were located cross-border, and macrometastasis, occupying about 70% of the parenchyma of the cortical substance, was also recorded in one sample of the lymph node. When performing an immunohistochemical study (IHC), it was determined that immunopositive sites were noted in the nucleolar localization, while a staining score was recorded, which corresponded to moderate (++) for highly differentiated tumors and strong (+++) for low-grade ones. Thus, when this marker was overexpressed, chromatin disorganization occurred in the nucleolus with an increase in subcomputments in the nucleus, which subsequently led to an increase in the metastatic potential characteristic of G3 tumors.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Cancer driver genes IDH1/2, JARID1C/KDM5C and UTX/KDM6A: crosstalk between histone demethylation and hypoxic reprogramming in cancer metabolism / Chang S., Yim S., Park H. // Exp Mol Med. 2019. – Т. 51. – №6. – С. 1-17.

2. Extensive analysis of tumor array confirms overwhelming role of nucleophosmin in breast cancer / Karhemo Piia-Riitta, Rivinoja Antti, Lundin Johan, Joensuu Heikki Bono, Petri, Laakkonen // Regular article oncogenesis and tumor progression. – 2011. – Т. 179. – № 2. – С. 1004-1014.
3. Histone deacetylase inhibitor eliminates multidrug resistance by reducing nucleophosmin levels via the PI3K/Akt pathway in breast cancer / Chen Xi, Zheng Hu, Cai J.H., Zhang WP, Yu HS, Xing J.F., Dong Y.L. // Int J Oncol. 2016. – Т. 49. – №1. – С. 294-304.
4. Invasive micropapillary breast carcinoma in cats: clinical and pathological features and nuclear DNA content / Seixas F., Palmeira S., Pires M.A., Lopez S. // Veterinary pathology. – 2007. – Т. 44. – №6. – S. 842-848.
5. Limaiem F, Mlika M. Tubular Breast Carcinoma. 2023 Jan 1. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. PMID: 31194380.
6. Nucleophosmin, a multifunctional nucleolar organizer with a role in DNA repair / David J. López, José A. Rodríguez, Sonia Bañuelos // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics. 2020. – Т.1868. – №12. – с. 21-32.
7. Nucleophosmin: from structure and function to disease development / Box JK, Paquet N, Adams MN, Boucher D, Bolderson E, O'Byrne KJ, Richard DJ. // BMC Mol Biol. 2016. – Т.17.– № 1. – С. 19-34.
8. Proposed Classification of the Feline “Complex” Mammary Tumors as Ductal and Intraductal Papillary Mammary Tumors / Zappulli V, Caliari D, Rasotto R, Ferro S, Castagnaro M, Goldschmidt M. // Veterinary Pathology. – 2013. –Т. 50. – №6. – S.1070-1077.
9. The contribution of overexpression of nucleophosmin to multidrug resistance in breast cancer / Chen S., Meng T., Zheng X, Cai J., Zhang V, Yu Ch, Xing J., Dong Yu. // J is a drug target. 2018. – Т. 26. – № 1. – С. 27-35.
10. Аргирофильные белки областей ядрышковых организаторов – маркеры скорости клеточной пролиферации: Обзор / Айхлин Н.Т., Букаева И.А., Пробатова Н.А. // Арх. Патол. – 2006. – Т.68. – № 3. – С. 47–51.
11. Нуклеофозмин и нуклеолин: кодирующие гены и экспрессия в различных тканях животных и человека / Зенит-Журавлева Е.Г., Полковниченко Е.М., Лушникова А.А., Трещалина Е.М., Букаева И.А., Райхлин Н.Т. // Молекулярная медицина – 2012. – №4. – С. 19-25.
12. Опухоли молочной железы кошек и собак: морфологические особенности / Е.П. Шапиро, Н.А. Краснослободцев, Н.С. Кухаренко [и др.] // Актуальные вопросы и инновационные технологии в ветеринарной медицине, животноводстве и природоохранном комплексе: матер. междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 40-летнему юбилею со дня образования ветеринарного факультета. Уссурийск, – 2019. – С. 138–144.

REFERENCES

1. Cancer driver genes IDH1/2, JARID1C/KDM5C and UTX/KDM6A: crosstalk between histone demethylation and hypoxic reprogramming in cancer metabolism / Chang S., Yim S., Park H. // Exp Mol Med. 2019. – Т. 51. – №6. – С. 1-17.
2. Extensive analysis of tumor array confirms overwhelming role of nucleophosmin in breast cancer / Karhemo Piia-Riitta, Rivinoja Antti, Lundin Johan, Joensuu Heikki Bono, Petri, Laakkonen // Regular article oncogenesis and tumor progression. – 2011. – Т. 179. – № 2. – С. 1004-1014.
3. Histone deacetylase inhibitor eliminates multidrug resistance by reducing nucleophosmin levels via the PI3K/Akt pathway in breast cancer / Chen Xi, Zheng Hu, Cai J.H., Zhang WP, Yu HS, Xing J.F., Dong Y.L. // Int J Oncol. 2016. – Т. 49. – №1. – С. 294-304.
4. Invasive micropapillary breast carcinoma in cats: clinical and pathological features and nuclear DNA content / Seixas F., Palmeira S., Pires M.A., Lopez S. // Veterinary pathology. – 2007. – Т. 44. – №6. – S. 842-848.
5. Limaiem F, Mlika M. Tubular Breast Carcinoma. 2023 Jan 1. In: StatPearls [Internet].

Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. PMID: 31194380.
6. Nucleophosmin, a multifunctional nucleolar organizer with a role in DNA repair / David J. López, José A. Rodríguez, Sonia Bañuelos // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics. 2020. – T.1868. – №12. – c. 21-32.
7. Nucleophosmin: from structure and function to disease development / Box JK, Paquet N, Adams MN, Boucher D, Bolderson E, O'Byrne KJ, Richard DJ. // BMC Mol Biol. 2016. – T.17.– № 1. – C. 19-34.
8. Proposed Classification of the Feline "Complex" Mammary Tumors as Ductal and Intraductal Papillary Mammary Tumors / Zappulli V, Caliari D, Rasotto R, Ferro S, Castagnaro M, Goldschmidt M. // Veterinary Pathology. – 2013. –T. 50. – №6. – S.1070-1077.
9. The contribution of overexpression of nucleophosmin to multidrug resistance in breast cancer / Chen S., Meng T., Zheng X, Cai J., Zhang V, Yu Ch, Xing J., Dong Yu. // J is a drug target. 2018. – T. 26. – № 1. – C. 27-35.
10. Argyrophilic proteins of the regions of nucleolar organizers – markers of the rate of cell proliferation: A review / Aikhlin N.T., Bukaeva I.A., Probatova N.A. // Arch. Pathol. – 2006. – Vol.68. – No. 3. – pp. 47-51. (In Russ.)
11. Nucleophosmin and nucleolin: coding genes and expression in various tissues of animals and humans / Zenit-Zhuravleva E.G., Polkovnichenko E.M., Lushnikova A.A., Treshchalina E.M., Bukaeva I.A., Raikhlin N.T.. // Molecular medicine – 2012. – No. 4. – pp. 19-25. (In Russ.)
12. Mammary gland tumors of cats and dogs: morphological features / E.P. Shapiro, N.A. Krasnoslobodtsev, N.S. Kukharenko [et al.] // Topical issues and innovative technologies in veterinary medicine, animal husbandry and nature conservation complex: mater. international scientific and practical conference, dedicated. the 40th anniversary of the establishment of the veterinary Faculty. Ussuriysk, -2019. – pp. 138-144. (In Russ.)

УДК: 619:[616.6:636.8]
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.223

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ ПРИ ПОЛИКИСТОЗЕ ПОЧЕК У КОШЕК

Лукашик Г.В. – канд. ветеринар. наук, доц. каф. анатомии и физиологии животных (ORCID 0000-0002-2069-6143); **Скобельская Т.П.*** – канд. ветеринар. наук, доц. каф. анатомии и физиологии животных (ORCID 0000-0002-0028-8492).

Институт «Агротехнологическая академия», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

*www.15071986@mail.ru

Ключевые слова: *почки, кошки, поликистоз, клинические признаки, патоморфологические изменения.*
Key words: *kidneys, cats, polycystic disease, clinical signs, pathological changes.*

Поступила: 31.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

На сегодняшний день существует великое множество исследовательских статей и научных работ, освещающих проблемы почек у семейства кошачьих, однако лишь немногие из них посвящены поликистозу почек. Исследование проводили на базе частной ветеринарной клиники «Зоодоктор» г. Симферополь, а также на кафедре анатомии и физиологии животных Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». Объект данного исследования являлись кошки от 9 месяцев до 12-летнего возраста с установленным диагнозом поликистоз почек. Цель исследования заключалось определить структурно-функциональные изменения в органах и тканях при поликистозе почек у кошек. В работе проведен анализ факторов, влияющих на развитие болезни. Проведены комплексные клинические и структурно-функциональные изменения органов и тканей кошек различных возрастных групп, а также установлены морфологические отклонения в тканях паренхиматозных органов кошек при разной стадии развития болезни. Выявленные функциональные и морфологические изменения, наблюдаемые при поликистозе почек у кошек, позволяют ветеринарным специалистам использовать их для ранней диагностики и профилактике заболевания. Заболевание чаще всего диагностируется у кошек в возрасте с 3-х лет и старше. Поликистоз почек у кошек протекает в основном в хронической форме с постепенной потерей массы тела, отсутствием аппетита, увеличением артериального давления, потерей эластичности кожных покровов, усилением жажды, полиурией и обезвоживанием. Поликистоз почек у домашних кошек характеризовался образованием множественных кист в почках размеры, которых варьировались от 0.9 см до 2.5 см, поражающие как корковое, так и мозговое вещество почек. При гистологическом исследовании пораженных поликистозом по-

чек кошек выявляли разрастание плотной соединительной ткани вокруг крупных по размеру кист в паренхиме почек с растяжением стенок мелких кист, внутренний слой которых представлен базальной мембраной почечных канальцев, растягивающейся за счет содержимого.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Почки – это парный орган выделительной системы, бобовидной формы, который поддерживает баланс воды и электролитов в организме, а также осуществляет выработку гормонов, синтез отдельных витаминов, но его основная функция – фильтрация крови, которая обеспечивает вывод продуктов метаболизма из организма. В клубочках образуется большое количество первичной мочи, которая концентрируется, проходя по канальцам. Также они играют жизненно важную роль в поддержании гомеостаза [4].

Патологии почек у представителей кошачий занимает ведущее место среди других болезней. Одним из таких заболеваний является поликистоз почек, который носит наследственный характер и иногда встречается в результате спонтанной мутации [6].

Поликистоз почек – это генетическая болезнь, представляющая собой образование большого количества кист (мешочков с жидкостью), внутри почек. Кисты почек — доброкачественные, тонкостенные, большие образования, развивающиеся из паренхимы почек и чаще всего содержащие серозную жидкость. Они появляются с самого рождения, однако, имеют очень маленькую величину. Образование и увеличение объема кист прогрессируют медленно, вызывая ухудшение ткани почек и постепенное снижение функции органа, что приводит к необратимой почечной недостаточности. У кошек это заболевание имеет высокую распространенность, являясь одним из наиболее распространенных кошачьих генетических заболеваний [1, 3].

Поликистоз почек, как правило, проявляется клинически у взрослых кошек, в возрасте от трех до десяти лет. По причине того, что до этого возраста почки имеют нормальный размер и форму, заболевание может быть не выявлено при стандартном обследовании (визуальном осмотре и пальпации). У таких животных структура почек изменена с самого рождения, но эти трансформации минимальны и совсем незначительных размеров в молодом возрасте. Размер кист может варьироваться от 1 мм до 1 см и более. На протяжении всей жизни их количество и размер увеличивается, иногда до полного преобразования структуры почек. Очень часто такие же кистозные образования можно найти у болеющего поликистозом почек животного и в других органах - печени, селезенке, яичниках. Постепенно заболевание прогрессирует и почки перестают функционировать, что характеризуется хронической почечной недостаточностью [2, 5].

В настоящее время количество заболеваний, связанных с мочевыделительной системой у домашних животных, в том числе у кошек, постоянно растет [7, 8]. Однако в литературе немногочисленны работы посвященные патологии почек, а особенно такому заболеванию, так поликистоз почек у кошек, которое следует дифференцировать от других болезней, чтобы диагностировать на ранних стадиях заболевания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводили на базе частной ветеринарной клиники «Зоодоктор» г. Симферополь, а также на кафедре анатомии и физиологии животных Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

Исследовали кошек (n=10) больных поликистозом почек в возрасте от 9 месяцев – 13 лет. Клиническое обследование животных осуществляли поэтапно по общепринятой методике, которая включает в себя регистрацию животного, сбор анамнеза у владельца, проведение общего

и специального обследования. При сборе анамнеза учитывали количество потребляемой воды и корма в сутки, акт мочеиспускания и дефекации животных.

Патологоанатомическое вскрытие кошек подверженных эвтаназии и павших от почечной недостаточности животных, осуществляли, применяя метод Шора, с подробным описанием всех органов и систем, согласно общепринятой схеме. При наружном осмотре трупа животного, обращали особое внимание на состояние упитанности, кожного и шерстяного покрова.

Макроскопически определяли анатомическое расположение органов, их форму и величину, а также выявляли цвет, консистенцию, плотность и анатомический рисунок органа на разрезе.

Для гистологического исследования отбирали кусочки почек, с последующей фиксацией в 10% нейтральном растворе формалина и окраской гематоксилин-эозином и последующего проведения микроскопии.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При клиническом исследовании кошек было выявлено сухость, анемичность слизистых оболочек, а также тусклость шерстного покрова, наличие алопеций и снижение тургора кожи. Следует отметить, что установили снижение массы тела у всех исследуемых кошек, полидипсия, полиурия, рвота. Однако температура тела и частота дыхательных движений находится в пределах физиологической нормы. При оценке состояния поверхностных лимфатических узлов отмечали сохранение физиологического размера, безболезненность, подвижность бобовидную форму и плотную консистенцию при пальпации.

В ходе осуществления патологоанатомического исследования, нами были рассмотрены основополагающие патоморфологические изменения у кошек с ярко выраженными симптомами поликистоза почек. Все 10 кошек, больных поликистозом почек, были подвергнуты эвтаназии.

При наружном осмотре трупов животных, констатировали наличие выраженных признаков обезвоживания, в том числе сухость и потерю эластичности кожных покровов, шероховатости и бледный окрас. Состояние шерстного покрова характеризовалось наличием: тусклой, взъерошенной и ломкой шерсти, плохим удержанием волоса в фолликулах. Видимые слизистые оболочки были анемичны. В одном случае подчёркивали выраженную обезвоженность организма животного, о чем свидетельствовало явление энофтальма (западение глазных яблок). При осмотре брюшной полости трупов животных отмечали липкость серозной оболочки брюшной стенки, что указывает на обезвоживание организма.

Почки были поражены кистами, размер которых варьировался от <1 мм до >2 см, а их количество составляло от 20 до 200 на почку. Зачастую почки были заметно неправильной формы с твердыми, вдавленными очагами фиброза. Кисты содержали жидкость, которая чаще всего была прозрачной или слегка желтоватой и часто содержала фибрин, хлопьевидный материал или кровь. У кошек в возрасте 4 -х лет кисты, как правило, были меньшего размера, чем у взрослых кошек, но при этом количество кист не менялось с возрастом, хотя и значительно различалось у разных индивидуумов. У трех кошек общая масса обеих почек составила >1,20% от массы тела. Все эти кошки были взрослыми (3-12 лет), и во всех случаях увеличение было вызвано либо большим количеством кист, либо одной или несколькими кистами, превышающими 1,5 см в диаметре (рисунок 1, 2).

Мочеточники без видимых патологий. Однако у одной исследуемой кошки мочеточник правой почки не правильно впадал в мочевой пузырь (эктопия мочеточника). Мочевой пузырь умеренно наполнен, стенка не утолщена, моча светло-соломенного цвета, у нескольких кошек в моче присутствовала взвесь, размеры частиц которой были менее 0.1 см.

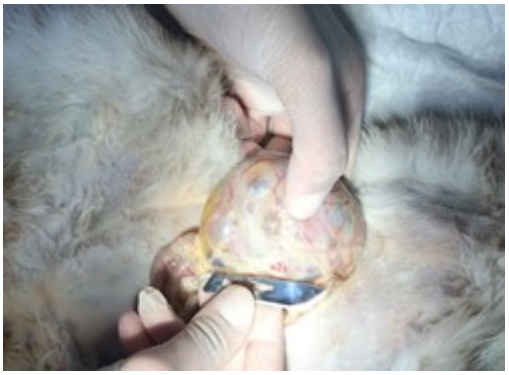


Рисунок 1 – Макропрепарат: почка кошки, пораженная кистозными образованиями.

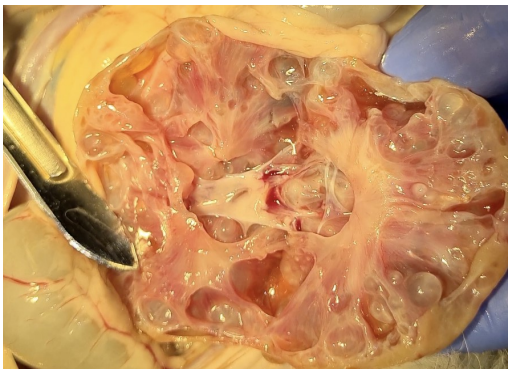


Рисунок 2 – Макропрепарат: почка кошки на разрезе, пораженная кистозными образованиями.

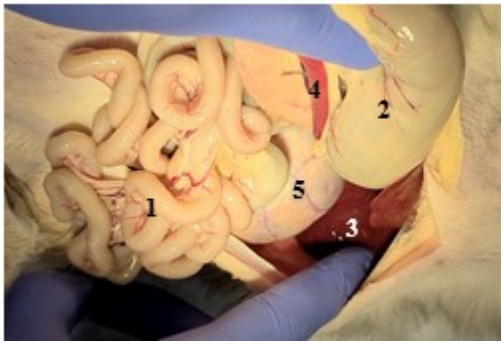


Рисунок 3 – Органокомлекс кошки при патологоанатомическом вскрытии. 1 – тонкая кишка, 2 – желудок, 3 – печень, 4 – селезенка, 5 – почка.

Со стороны селезенки патологоанатомических изменений не выявлено. Орган с умеренно острыми краями, капсула не напряжена, паренхима плотной консистенцией, на разрезе однородная, вишнево-коричневого цвета с зернистой поверхностью (рисунок 3).

Печень не видоизменена, не увеличена, на разрезе паренхима не выходит за края стромы, края острые, цвет коричневый, консистенция плотная. Система воротной вены, внутрипеченочные сосуды хорошо видны и различимы, венозный застой не выявлен. Желчный пузырь не растянут, умеренно наполнен, его содержимое желто-зеленого окраса, стенка не утончена. Желчевыводящие протоки хорошо визуализировались, у нескольких кошек отмечали их фиброз и гиперплазию. Одна или две небольшие кисты присутствовали в печени двух пораженных кошек (6 и 10 лет). У одной пострадавшей кошки (5-летнего возраста) был выраженный цирроз печени.

При осмотре органов грудной полости: легкие наспавшиеся, ярко розового цвета, кровенаполнены, с наличием кровоизлияний в паренхиме. Сердце находилось в перикардиальной сумке, несколько увеличено в размерах, в полостях отмечается наличие несвернувшейся крови. Выраженного увеличения стенок камер сердца не выявлено, сердечная мышца серовато-красного цвета. У одной кошки (13-летнего возраста) была гипертрофия левого желудочка сердца, а у одной кошки (10 лет) - бивентрикулярная дилатация сердца и легкая гидроцефалия. Данные морфологического исследования паренхиматозный органов свидетельствуют о наличии патогномоничных изменений тканей.

Установили, что при гистологической характеристике почечных кист выявили, большинство кист были выстланы одним слоем кубовидного или плоского эпителия и могли быть пустыми, либо содержали скудное количество белкового содержимого и рассеянные дегенеративные эпителиальные клетки. Некоторые кисты содержали фибрин и кровь. Иногда кисты

были выстланы кубовидным эпителием, но не было никакой взаимосвязи между размером кист и морфологией эпителия. Большинство кист либо не были связаны с поражениями окружающих тканей, либо были связаны с минимальной компрессией. Некоторые кисты были окружены волокнистой соединительной тканью различной плотности и толщины. При этом ни наличие, ни толщина окружающего фиброза, ни сдавливание прилегающих тканей не коррелировали с размером кисты (рисунок 4).

Некоторые маленькие кисты были окружены большим количеством фиброза или были заметно сдавлены, а несколько крупных кист не были связаны с какими-либо сопутствующими поражениями. У двух кошек, 13 и 10 лет, были обнаружены небольшие очаги пролиферирующих эпителиальных клеток, выступающих в просвет кисты. Выявили небольшую кисту с низким содержанием клубочкового эпителия, которая окружена несколькими слоями волокнистой соединительной ткани, у кошки возрастом 10 лет. В просвете кисты присутствовали очаг живых эпителиальных клеток (рисунок 5).

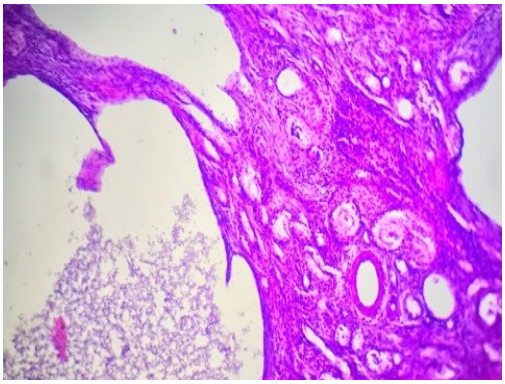


Рисунок 4 – Микропрепарат: почка 10-ти летней кошки больной поликистозом. Окраска гематоксилин и эозин; увеличение ×200. Киста, выстланная уплощенным эпителием. Наблюдается минимальное сдавливание прилегающей паренхимы.

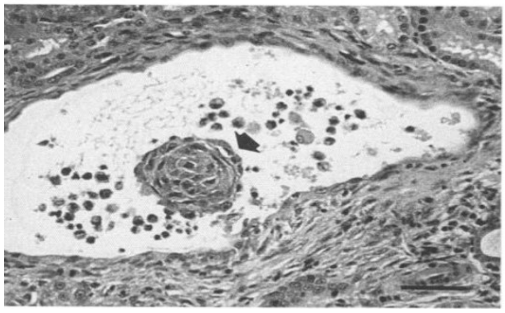


Рисунок 5 – Микропрепарат: почка 10-ти летней кошки больной поликистозом. Окраска гематоксилин и эозин, увеличение х40. Небольшая киста с низким содержанием клубочкового эпителия, окруженная несколькими слоями волокнистой соединительной ткани. В просвете кисты присутствует очаг живых эпителиальных клеток.



Рисунок 6 – Микропрепарат: почка 13-ти летней кошки больной поликистозом. Окраска гематоксилин и эозин, увеличение х40. Очаговая эпителиальная гиперплазия окружена несколькими слоями волокнистой соединительной ткани.

У одной из этих кошек было обнаружено множество небольших очагов тубулярной эпителиальной гиперплазии, один из которых был инкапсулирован (рисунок 6).

Хронический тубулоинтерстициальный нефрит легкой и тяжелой степени, характеризующийся мультифокальной или широко распространенной инфильтрацией лимфоцитами, плазматическими клетками и редкими нейтрофилами, был

распространенным явлением у пораженных поликистозом почек кошек. Поражения обычно сопровождались интерстициальным фиброзом и атрофией и регенерацией клубочкового эпителия (рисунок 7).

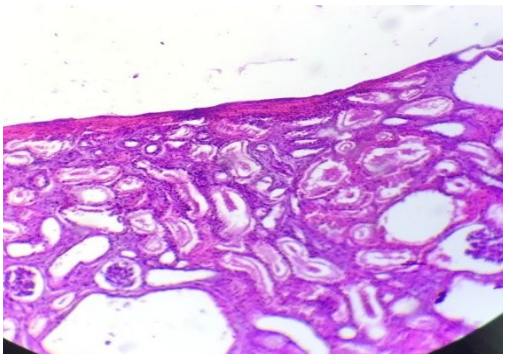


Рисунок 7 – Микропрепарат: почка 4-х летней кошки больной поликистозом. Очаговый хронический тубулоинтерстициальный нефрит с инфильтрацией лимфоцитов и плазматических клеток, атрофией эпителия канальцев, белковыми отложениями и интерстициальным фиброзом.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, поликистоз почек у кошек протекает в основном в хронической форме с постепенной потерей массы тела, отсутствием аппетита, увеличением артериального давления, потерей эластичности кожных покровов, усилением жажды, полиурией и обезвоживанием.

При патолоанатомическом исследовании поликистоз почек у домашних кошек характеризовался образованием множественных кист размеры, которых варьировались от 0.9 см до 2.5 см, поражающие как корковое, так и мозговое вещество почек.

Морфологические поражения почек у кошек при поликистозе, характеризуются образованием кист по всей почке, которые поражают лишь небольшое количество нефронов и увеличиваются в размере на протяжении всей жизни. Характерными морфологическими признаками кист кошек является неизмененная базальная мембрана и редкие очаги пролиферирующих эпителиальных клеток кисты.

В дополнение к поражениям почек, у кошек с поликистозом наблюдали поражения печени. Кисты печени у кошек, участвовавших в этом исследовании, были редкостью (< 10% пораженных кошек). Сердечные нарушения присутствовали только у двух кошек, а сосудистые аневризмы обнаружены не были. Гипертрофия левого желудочка имело место у одной 9-месячной кошки.

При гистологическом исследовании пораженных поликистозом почек кошек выявляли разрастание плотной соединительной ткани вокруг крупных по размеру кист в паренхиме почек с растяжением стенок мелких кист, внутренний слой которых представлен базальной мембраной почечных канальцев, растягивающейся за счет содержимого. Следует отметить, что даже у кошек с тяжелым хроническим тубулоинтерстициальным нефритом некоторые кисты не были связаны с воспалением, а некоторые очаги воспаления не прилегали к кистам. В одном случае помимо поликистоза почек у кошки выявлена зернисто-жировая дистрофия печени.

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHANGES IN ORGANS AND TISSUES IN POLYCYSTIC KIDNEY DISEASE IN CATS

Lukashik G.V. – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy and Phisiology (ORCID 0000-0002-2069-6143); **Skobelskaya T.P.*** – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy and Phisiology (ORCID 0000-0002-0028-8492).

Institute of «Agrotechnological the academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»

*www.15071986@mail.ru

ABSTRACT

To date, there are a great many research articles and scientific papers covering kidney problems in the feline family, but only a few of them are devoted to polycystic kidney

disease. The study was conducted on the basis of the private veterinary clinic "Zoodoctor" in Simferopol, as well as at the Department of Anatomy and Physiology of Animals of the Institute of Agrotechnological Academy of the Crimean Federal State Educational Institution named after V.I. Vernadsky. The object of this study were cats from 9 months to 13 years of age with an established diagnosis of polycystic kidney disease. The aim of the study was to determine the structural and functional changes in organs and tissues in polycystic kidney disease in cats. The paper analyzes the factors influencing the development of the disease. Comprehensive clinical and structural and functional changes of organs and tissues of cats of various age groups were carried out, as well as morphological abnormalities in the tissues of parenchymal organs of cats at different stages of the disease development were established. The revealed functional and morphological changes observed in polycystic kidney disease in cats allow veterinary specialists to use them for early diagnosis and prevention of the disease. The disease is most often diagnosed in cats aged 3 years and older. Polycystic kidney disease in cats occurs mainly in a chronic form with gradual loss of body weight, lack of appetite, increased blood pressure, loss of elasticity of the skin, increased thirst, polyuria and dehydration. Polycystic kidney disease in domestic cats was characterized by the formation of multiple cysts in the kidneys, the sizes of which ranged from 0.9 cm to 2.5 cm, affecting both the cortical and cerebral substance of the kidneys. Histological examination of cats affected by polycystic kidney disease revealed the proliferation of dense connective tissue around large-sized cysts in the renal parenchyma with stretching of the walls of small cysts, the inner layer of which is represented by the basement membrane of the renal tubules, stretching due to the contents.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Белкин, Б.Л. Аутосомно - доминантный поликистоз почек у кошек / Б.Л. Белкин, Н.А. Малахова, А.В. Агеева, А.А. Деркач // Вестник аграрной науки. - 2023. - № 5 (104). - С. 36-40. - DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.5.36 Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54885267.

2.Вахрушева, Т.И. Патоморфологические изменения почек у кошек / Вахрушева Т.И. // Вестник КрасГАУ. 2019. - № 11 (152). - С. 68-77. – DOI: 1 0.36718/1819-4036-2019-11-68-77. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41475596.

3.Димитриева, А.И. Наследственные и врожденные заболевания почек у кошек / А.И. Димитриева, И.О. Ефимова, А.П. Никитина // В сборнике: Современное состояние и перспективы развития ветеринарной и зоотехнической науки. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары, 2020. С. 252-257. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45588734.

4.Добрынина, В.А. Особенности функционального состояния организма кошек при различных нефропатиях / В.А. Добрынина, Е.П. Краснолобова // В сборнике: Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса. Сборник материалов LVI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - 2022. - С. 291-295. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49560837.

5.Rajan S.K. Polycystic kidney disease in a persian cat – a case report / S.K. Rajan, U.N. Pillai // Indian Journal of Canine Practice. - 2023. - Т. 15. - № 1. - С.019-020. DOI: 10.29005/ijcp.2023.15.1.019-020. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=61864808.

6.Осипова, Ю.С. Ретроспективный анализ заболеваний мочевыделительной системы кошек в регионе кавказские минеральные воды / Ю.С. Осипова, А.Н. Квочко // Аграрный научный журнал. - 2015. - № 6. - С. 24-28. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23636691.

7.Тихменева, Ю.А. Патологии почек у кошек / Ю.А. Тихменева, Е.Р. Миронова, А.А. Крикунова // В сборнике: Морфо-

функциональные особенности внутренних органов человека и животных. Материалы II региональной научно-практической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, приуроченной к Году науки и технологий в Российской Федерации. Ростов-на-Дону, 2021. - С. 109-116. – DOI: 10.23947/itse.2022.228-231. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49972438.

8.Турицына, Е.Г. Анализ заболеваемости почечной недостаточностью мелких домашних животных / Е.Г. Турицына, Д.П. Казакова // Вестник КрасГАУ. - 2015. - № 9 -(108). - С. 197-203. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24192049.

REFERENCES

1.Belkin, B.L. Autosomal dominant polycystic kidney disease in cats / B.L. Belkin, N.A. Malakhova, A.V. Ageeva, A.A. Derkach // Bulletin of Agrarian Science. - 2023. - № 5 (104). - P. 36-40. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.5.36 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54885267.

2.Vakhrusheva, T.I. Pathomorphological changes of kidneys in cats / Vakhrusheva T.I. // Bulletin of KrasGAU. 2019. - № 11 (152). - P. 68-77. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41475596.

3.Dimitrieva, A.I. Hereditary and congenital kidney diseases in cats / A.I. Dimitrieva, I.O. Efimova, A.P. Nikitina // In the collection: The current state and prospects for the development of veterinary and zootechnical science. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation. Cheboksary, 2020. P. 252-257. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45588734.

4.Dobrynina, V.A. Features of the functional state of the body of cats with various nephropathies / V.A. Dobrynina, E.P. Krasnolobova // In the collection: Achievements of youth science for the agro-industrial complex. Collection of materials of the Lviv scientific and practical conference of students, teachers and young scientists. - 2022. - P. 291-295. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49560837.

5.Rajan, S.K. Polycystic kidney disease in a persian cat – a case report / S.K. Rajan, U.N. Pillai // Indian Journal of Canine Practice. - 2023. - T. 15. - № 1. - P.019-020. DOI: 10.29005/ijcp.2023.15.1.019-020. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=61864808.

6.Osipova Yu.S. Retrospective analysis of diseases of the urinary system of cats in the Caucasian mineral waters region / Yu.S. Osipova, A.N. Kvochko // Agrarian Scientific Journal. - 2015. - No. 6. - P. 24-28. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23636691.

7.Tikhmeneva, Yu.A. Kidney pathology in cats / Yu.A. Tikhmeneva, E.R. Mironova, A.A. Krikunova // In the collection: Morpho-functional features of the internal organs of humans and animals. Materials of the second regional scientific and practical conference of students, young scientists and specialists dedicated to the Year of Science and Technology in the Russian Federation. Rostov-on-Don, 2021. - P.109-116. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49972438.

8.Turitsyna, E.G. Analysis of the incidence of renal insufficiency in small domestic animals / E.G. Turitsyna, D.P. Kazakova // Bulletin of the KrasGAU. - 2015. - № 9 -(108). - Pp. 197-203.

УДК: 591.471.37:599.742.75
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.231

АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЫШЦ-СГИБАТЕЛЕЙ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У КОШКИ ПОРОДЫ МЭЙН-КУН

Слесаренко Н.А. * – д-р биол. наук, проф. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова (ORCID 0000-0002-8350-5965); **Широкова Е.О.** – канд. биол. наук, доц. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова, (ORCID 0000-0003-4891-5405); **Оганов Э.О.** – канд. ветеринар. наук, доц. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова (ORCID 0000-0003-1206-4397).

ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина

* slesarenko2009@yandex.ru

Ключевые слова: *кошка домашняя, мэйн-кун, скелетные мышцы, тазовая конечность, тазобедренный сустав.*
Keywords: *domestic cat, Maine coon, skeletal muscles, pelvic limb, hip joint.*

Поступила: 08.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В статье представлены анатомические особенности сгибателей (флексоров) тазобедренного сустава у обыкновенной домашней кошки породы мейн-кун, отсутствующие в доступной литературе. Нами уточнены точки закрепления большой поясничной, подвздошной, портняжной и гребешковой мышц. Исследования выполнены на кафедре анатомии и гистологии животных им. профессора А. Ф. Климова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина». Материалом для исследований служил секционный материал- тазовые конечности (n=8), отобранные от кошки домашней породы мэйн-кун, без внешних признаков патологий опорно-двигательного аппарата. Использовали методы тонкого макро- и микроанатомического препарирования под контролем бинокулярной лупы «Микромед HR 350 S», с последующим функциональным анализом изучаемых структур и скелетотопическим проецированием точек закрепления частей мышц. Показано, что у кошки породы мэйн-кун к флексорам тазобедренного сустава относится комплекс мышц – напрягатель широкой фасции бедра, подвздошно-поясничная, портняжная и гребешковая мышцы. Напрягатель широкой фасции бедра срастаясь в дистальной части фасцией с глубокой фасцией бедра и с четырёхглавой мышцей бедра, создаёт прессорное воздействие на эту мышцу и помогает ей разгибать коленный сустав. Подвздошно-поясничная мышца не только сгибает тазобедренный сустав, но и является супинатором сустава, а также экстензором коленного сустава за счёт краниального утолщения (т.е. концентрации мышечных волокон у краниального края мышцы). Она широким дистальным концом переходит от бедра на голень, что указывает на то, что её пластинчатая часть, совместно со стройной мышцей, факультативно действует также флексором коленного сустава.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Изучение анатомо-топографических особенностей мышц тазовой конечности и их закрепление на костях у различных пород кошек является одной из актуальных задач в области сравнительной анатомии [1-3,5].

Мейн-Кун – американская аборигенная длинношерстная кошка. Порода развивалась в процессе естественного отбора, когда выживали только самые приспособленные. Всегда следует помнить, что Мэйн-Кун развивался в основном как «рабочая кошка», способная постоять за себя в суровой лесной местности и экстремальных климатических условиях. Мэйн-Кун – крупная порода с большими ушами, широкой грудной клеткой, мощным костяком, длинным, прямоугольным телом с хорошо развитой мускулатурой. Анализ доступной литературы показал немногочисленные сведения, касающиеся особенностей строения соматических систем организма представителей семейства кошачьих. Вместе с тем эти данные являются базовыми в вопросах дифференциальной диагностике повреждений опорно-двигательного у этих животных [4,5,8-15].

Исходя из вышеизложенного, целью настоящего исследования – установить анатомо-топографические особенности мышц – сгибателей (флексоров) тазобедренного сустава у кошек породы мэйн-кун, определить точки их закрепления и оценить функциональную значимость изучаемых структур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования выполнены на кафедре анатомии и гистологии животных им. профессора А. Ф. Климова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина». Материалом для исследований служил секционный материал- тазовые конечности (n=8), отобранные от кошки домашней породы мэйн-кун, без внешних признаков патологий опорно-двигательного аппарата. Использовали методы тонкого макро- и микроанатомического препарирования под контролем бинокулярной лупы «Микромед HR 350 S», с последующим функциональным анализом изучаемых структур и скелетотопическим проецированием точек закрепления частей мышц.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Как известно, флексоры тазобедренного сустава представлены следующими мышцами: напрягатель широкой фасции бедра, подвздошно-поясничная, портняжная и гребешковая.

Напрягатель широкой фасции бедра (m. tensor fascii latae) – это мышца, имеющая мышечное брюшко, которое облегает проксимальную треть четырёхглавой мышцы бедра, а также, дорсальным концом прилегает к средней ягодичной мышце. Таким образом, брюшко данной мышцы заполняет треугольной формы пространство между вышеприведёнными мышцами. Ниже продолжающаяся фасциальная часть напрягателя плотно облегает с латеро-кранио-медиальной поверхностей четырёхглавую мышцу бедра, и дистальным концом закрепляется в области колена (рис. 1 А-1.1, 1.2, 1.3). С другой стороны, напрягатель широкой фасции бедра (ш.ф.б.) снаружи, со всех сторон покрыт глубокой фасцией бедра (рис. 1 А -1), а с медиальной поверхности – портняжной мышцей.

Мышечное брюшко напрягателя ш.ф.б. имеет уплощённую форму в соответствии с его расположением. Вместе с этим, по направлению потоков мышечных волокон снаружи ясно видно, что оно разделяется на две части.

1) *Латеральная часть* (рис. 1 А- 1.1) сразу бросается в глаза, так как она заполняет пространство между средней ягодичной и четырёхглавой мышцами, и внешне имеет треугольную форму. Перимизий наружной поверхности основания срастается с глубокой ягодичной фасцией, тогда как перимизий внутренней поверхности начинается широким основанием в виде сухожильной пластины на протяжении от маклока, до краниального края суставной впадины, то есть закрепляется на «вентро -латеральном гребне подвздошной ко-

сти» (рис. 1 Б- 1.4). На протяжении этого гребня плоское сухожилие напрягателя срастается с сухожильными волокнами средней ягодичной мышцы. На углу между большим вертелом бедренной и подвздошной костями, сухожилие проходит к основанию большого вертела, где закрепляется на её латеральном гребне, переходящий в латеральную губу бедренной кости. Таким образом, между линией срастания с глубокой ягодичной фасцией и сухожильной пластиной закрепляющейся на теле подвздошной кости формируется желобоватой формы утолщённый участок мышечного брюшка, облегающий латеральный край средней ягодичной мышцы. Мышечные волокна латеральной части направлены веерообразно и дивергируют в вентро-каудальном направлении, пластинчатое брюшко истончается и переходит в собственно широкую фасцию бедра.

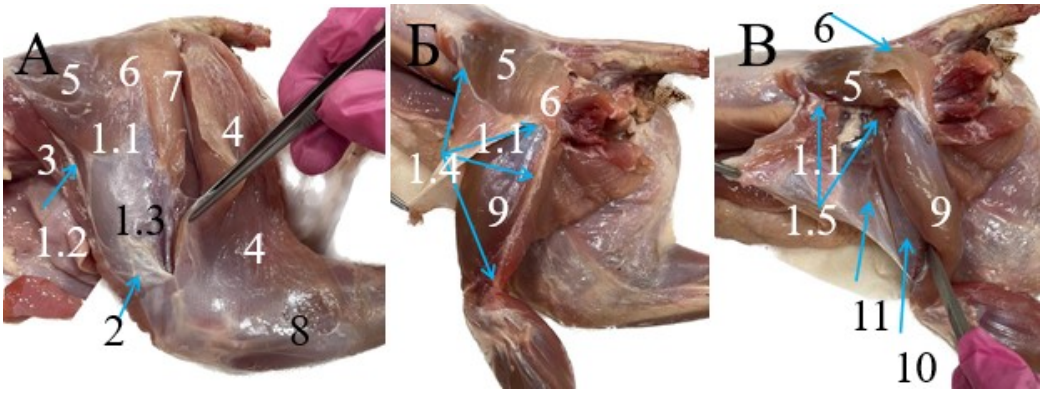


Рисунок 1 – Макропрепарат мышц тазовой конечности у кошки породы мэйн-кун: А – общий вид напрягателя широкой фасции бедра (ш.ф.б.) с латеральной поверхности бедра; Б – проксимальное и латеральное места закрепления напрягателя ш.ф.б. (срезан по месту закрепления с латерального края и приподнят); В – напрягатель ш.ф.б. срезан и в медио-проксимальной части и отведён: 1.1 – латеральная часть мышечного брюшка; 1.2 – кранио-медиальная часть мышечного брюшка и 1.3 – фасциальная часть брюшка напрягателя ш.ф.б., 1.4 – места закрепления напрягателя ш.ф.б., 1.5 – вентро-латеральный гребень подвздошной кости; 2 – Глубокая фасция бедра (срезана по двуглавой м. бедра); 3 – портняжная м.; 4 – двуглавая м. бедра; 5 – средняя ягодичная м.; 6 – поверхностная ягодичная м.; 7 – хвостобедренная м.; 8 – глубокая фасция голени; 9 – латеральная головка, 10 – прямая головка и 11 – медиальная головка четырёхглавой м. бедра.

2) *Кранио-медиальная часть* мышечного брюшка напрягателя широкой фасции бедра (рис. 1 А-1.2) располагается по краниальному краю и немного заходит на кранио-медиальную поверхность четырёхглавой мышцы бедра. Она начинается на маклоке, её мышечные волокна направлены дорсо-вентрально и вентро-медиально. Они доходят до уровня середины бедра и также продолжаются в собственно широкую фасцию.

3) *Собственно широкая фасция бедра* (рис 1 А-1.3) формируется за счёт срастания поверхностного и внутреннего листков перимизия напрягателя, в связи с чем, она достаточно прочная и плотно облегает четырёхглавую мышцу бедра со всех сторон. Как мы выше описывали, мышечное брюшко, в дистальном направлении, истончаясь сходит на нет, и при этом наружный и внутренний листы перимизия накладываются друг на друга. Вместе с этим, латеро-каудальным и медио-каудальным краями широкая фасция за-

крепляется, соответственно, к латеральной и медиальной губам бедренной кости (рис. 1.Б-1.4). Необходимо отметить, что на медиальной поверхности собственно широкая фасция бедра срастается с перимизием медиальной головки четырёхглавой мышцы бедра (рис 1 В-11). В нижней трети бедра широкая фасция срастается с покрывающей её глубокой фасцией бедра, а внутренней поверхностью – с перимизием четырёхглавой мышцы бедра, формируя широкую фасцию бедра. Закрепляется на коленной чашке, облегает боковые поверхности капсулы коленного сустава. Кроме этого, закрепляется на латеральной и медиальной поверхностях блока и мыщелков бедренной кости.

Подвздошно-поясничная мышца (m. iliopsoas) (рис. 2 А, Б, В-1, 2, 3), у мэйн-куна развита хорошо, как и у других кошачьих состоит из большой поясничной и подвздошной мышц.

А) Большая поясничная мышца (m. psoas major) у мэйн-куна достаточно мясистая, хорошо развита, и по внешнему виду вдвое и более шире, чем малая поясничная мышца (рис. 2 А, Б-1). Мышца расположена на вентральной поверхности поясничной области и последних грудных позвонков. Её заострённый краниальный конец начинается на уровне между 10 и 11-м грудными позвонками. Мышечное брюшко её грудной части веретеновидно расширяется и вновь немного сужается при приближении к ножкам диафрагмы (рис. 2 А-1), которые расположены на уровне 13-го грудного позвонка. В брюшной части она вновь несколько расширяется и мясистым брюшком продолжается в каудальном направлении, до уровня последнего поясничного позвонка (или до уровня маклока), где мы отмечаем на вентролатеральной её поверхности начало формирования сухожильного зеркала, которое продолжаясь до малого вертела бедренной кости, формирует каудальное сухожилие мышцы. Каудальная четверть данной мышцы погружается между головками подвздошной мышцы, затем на уровне лонной кости изгибается и, её сухожильный конец погружаясь между головками подвздошной мышцы направляется в вентро-каудальном направлении. Головки подвздошной мышцы на конце формируют муфтообразную структуру, что-то наподобие сухожильного влагалища, в котором и проходит сухожилие большой поясничной мышцы на медиальную поверхность бедра, и до верхушки малого вертела. Необходимо отметить, что большая поясничная мышца сохраняет метамерию, т.к. она начинается сухожилиями посегментно начиная от тел позвонков и каудального края рёбер с 10-11 грудных сегментов и далее, затем от концов поперечно-рёберных отростков поясничных позвонков. Далее, от этих сухожильных концов продолжаются мышечные волокна, которые накладываясь, сливаются и формируют мясистое мышечное брюшко большой поясничной мышцы.

Большая поясничная мышца в поясничной области покрывает снизу квадратную мышцу и прикрывает с латеральной поверхности малую поясничную мышцу, которая начинается на уровне 13-го грудного сегмента, она очень узкая (рис. 2 А, Б-4). Её сухожильное зеркало сильно развито и, начинается с 3-4-го поясничных сегментов, в связи с чем, малая поясничная мышца более статична, чем большая поясничная мышца. Большая поясничная мышца у мэйн-куна динамического типа, тогда как малую поясничную мышцу можно отнести к динамо-статическому типу.

Подвздошная мышца (m. iliacus) у мэйн-куна относительно хорошо развита. Из литературных источников известно, что подвздошная мышца у большинства животных представлена двумя головками – латеральной и медиальной, между которыми вклинивается большая поясничная мышца. У мэйн-куна медиальная головка тесно срастается с большой поясничной мышцей, однако поддаётся препарированию. Латеральная головка прикрыта большой поясничной мышцей (рис. 2 Б-2, 3).

Медиальная головка подвздошной мышцы, у мэйн-куна, краниальным кон-

цом вклинивается между большой и малой поясничными мышцами до уровня головки 7-го поясничного позвонка (рис. 2 Б-2). Мышечными волокнами она начинается от вентрального края подвздошной кости и от области краниальной части крестцово-подвздошного сустава. Начиная со средней части брюшка, снаружи она покрыта портняжной мышцей, а медиальной частью заходит под сухожилие большой поясничной мышцы. Она относится к мышцам динамического типа. Её мышечные волокна, постепенно закручиваясь вокруг большой поясничной мышцы, направляются в вентро-каудальном направлении, проходят медиально от сухожилия большой поясничной мышцы, далее, каудальный конец мышцы закрепляется на малом вертеле бедренной кости вместе с сухожилием большой поясничной мышцы.

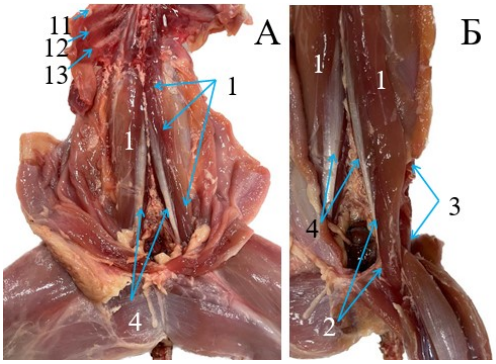


Рисунок 2 – Макропрепарат вентральных мышц в поясничной области у кошки породы мэйн-кун (животное лежит на спине): А – общий вид подвздошнопоясничной м.; Б – вид дистальной половины вентральных поясничных мышц: 1 – большая поясничная мышца (левая); 2 – медиальная головка и 3 – латеральная головка подвздошной м.; 4 – малая поясничная м.; (11, 12, 13- соответствующие рёбра).

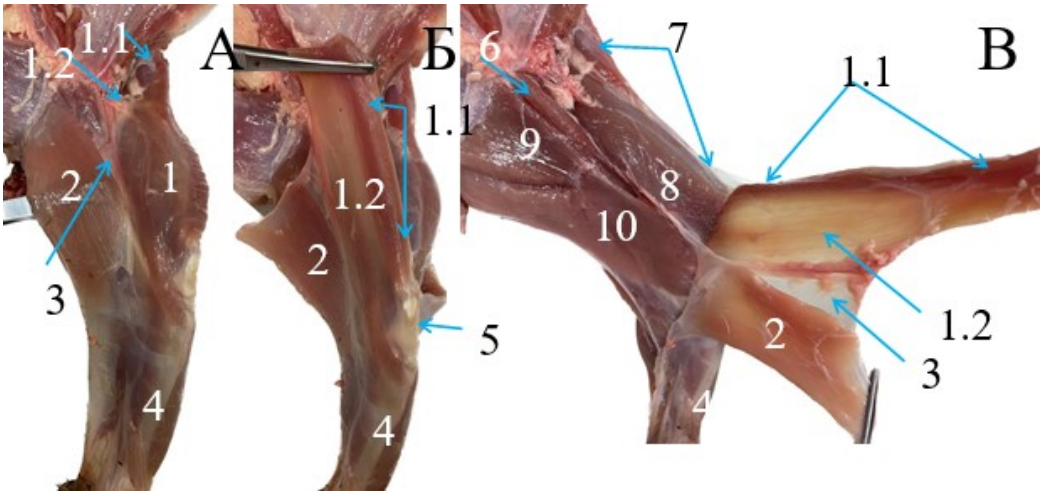


Рисунок 3 – Макропрепарат мышц формирующих медиальную поверхность бедра у кошки породы мэйн-кун: А – общий вид; Б – стройная и портняжная мышцы срезаны на проксимальном конце; В- портняжная и стройная мышцы отведены: 1 – портняжная м., 1.1 – место проксимального зарепления его утолщённого краниального края, 1.2 – остальная уплощённая часть мышцы; 2 – стройная м.; 3 – глубокая фасция бедра; 4 – глубокая фасция голени; 5 – коленная чашка; 6 – гребешковая м.; 7 – напрягатель широкой фасции бедра; 8 – медиальная головка четырёхглавой мышцы бедра; 9 – приводящая м.; 10 – полуперепончатая м.

Латеральная головка подвздошной мышцы, у мэйн-куна,начинается от области маклока (рис. 2 Б-3), от краниального края тела подвздошной кости, т.е. от площадки расположенной между вентролатеральным подвздошным гребнем и подвздошно-лонным гребнем. Она прикрыта большой поясничной мышцей поэтому, резко не выступает наружу, как у многих других животных. Мышечные волокна также направляются вдоль тела подвздошной кости, прилегая с латеральных и внутренних поверхностей большой поясничной мышцы. Мышечные волокна латеральной и медиальной головок подвздошной мышцы, под большой поясничной мышцей не разделяются, что подтверждает наше мнение о том, что деление этой мышцы на головки условное. В дистальной части, как мы отмечали выше, обе головки формируют подобие кольца вокруг сухожилия большой поясничной мышцы и совместно закрепляются на малом вертеле бедренной кости. Расположение подвздошно-поясничной мышцы, точки её закрепления подтверждают, что эта мышца является флексором и супинатором тазобедренного сустава.

Портняжная мышца (m. sartorius) – у мэйн-куна пластинчатая, очень широкая и покрывает всю переднюю половину медиальной поверхности бедра (рис. 3 А, Б, В-1). Имеет лентовидную форму и расположена на протяжении от маклока до коленного сустава и голени. По внутреннему строению относится к динамического типа мышцам. Снаружи она покрыта поверхностной фасцией бедра, а сама она находится между листками глубокой фасции бедра, и покрывает медиальную поверхность напрягателя широкой фасции бедра, каудальный край мышцы переходит в небольшой безмышечный участок глубокой фасции (в области бедренного канала), и далее в стройную мышцу (рис 3 А-1). Портняжная мышца начинается от кранио-латеральной вершины маклока и вентролатерального гребня подвздошной кости, соприкасаясь с внутренней косой мышцей живота. Её мышечные волокна формируют тонкое плоское брюшко мышцы (рис. 3 Б, В- 1.2), лишь по краниальному краю они формируют более толстый мышечный тяж, который натянут между маклоком и основанием коленной чашки (рис. 3 Б, В-1.1). Дистальный конец мышцы широкий и покрывает всю медиальную поверхность области коленного сустава, вплоть до верхней трети большеберцовой кости. Дистальный конец портняжной мышцы вместе с таковой стройной мышцы в дистальном направлении переходят в фасцию голени (4).

Гребешковая мышца (m. pectineus) мэйн-куна снаружи имеет веретеновидную форму мышечного брюшка и длинный сухожильный конец (рис. 3 В-6; рис. 4-1). Каудальной поверхностью она соприкасается с приводящей мышцей, а краниальной поверхностью граничит с бедренным каналом, в которой проходят бедренный нерв и кровеносные сосуды. Необходимо отметить, что между телами лонных костей у мэйн-куна мы обнаружили клиновидной формы «дополнительную косточку», которая расположена в краниальной трети симфизиса. На краниальном конце этой косточки имеется выступ, от которого в каудальном направлении отходит невысокий гребень. Таким образом, проксимальным концом гребешковая мышца закрепляется на этом выступе и «срединной шероховатости», которая расположена по бокам от выше указанного гребня. Мышечное брюшко, сужаясь, продолжается в виде плоского гребня, сухожильно закрепляясь на медиальной губе бедренной кости, вплоть до нижней трети бедренной кости (рис. 4- 1.1). Дистальным сухожильным концом мышца доходит до надмыщелкового гребня бедренной кости, где она частично срастается с полуперепончатой мышцей. Необходимо указать на то, что при препарировании данной мышцы, она имеет плоский треугольный вид с острым дистальным углом. Мышечное брюшко находится на проксимальном конце, которое от лонной кости доходит почти до середины бедра и выступает на поверхность в веретеновидной

форме виде. Остальная часть – от участка чуть ниже малого вертела, далее – от медиальной губы до надмыщелкового гребня бедренной кости – сухожильная, в виде треугольной формы сухожильной пластины, которая является платом для закрепления мышечных волокон приводящей мышцы.

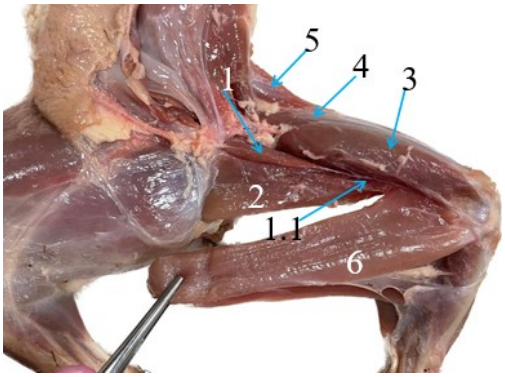


Рисунок 4 – Макропрепарат мышц расположенных под портняжной и стройной мышцами у кошки породы мэйн-кун (с медиальной поверхности бедра): 1 – гребешковая м., 1.1 – её дистальный сухожильный конец; 2 – приводящая м.; 3 – медиальная головка и 4 – прямая головка четырёхглавой мышцы бедра; 5 – напрягатель широкой фасции бедра; 6 – полуперепончатая м.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, нами установлены анатомические особенности сгибателей (флексоров) тазобедренного сустава у обыкновенной домашней кошки породы мейн-кун, отсутствующие в доступной литературе. Уточнены точки закрепления большой поясничной, подвздошной, портняжной и гребешковой мышц.

Установлены топические особенности анатомических образований на тазовой (безымянной) кости – «вентролатеральный гребень подвздошной кости», «добавочная срединная косточка», «срединный гребень и шероховатость гребня», «шероховатость гребешковой мышцы» на бедренной кости.

В процессе изучения флексоров тазобедренного сустава, точек их закрепления, направления пучков мышечных волокон, можно утверждать, что у мэйнкуна к флексорам тазобедренного сустава относится комплекс мышц – напрягатель широкой фасции бедра, подвздошно-поясничная, портняжная и гребешковая мышцы. Напрягатель широкой фасции бедра срастаясь в дистальной части фасцией с глубокой фасцией бедра и с четырёхглавой мышцей бедра, создаёт прессорное воздействие на эту мышцу и помогает ей разгибать коленный сустав. Подвздошно-поясничная мышца не только сгибает тазобедренный сустав, но и является супинатором сустава, а также экстензором коленного сустава за счёт краниального утолщения (т.е. концентрации мышечных волокон у краниального края мышцы). Она широким дистальным концом переходит от бедра на голень, что указывает на то, что её пластинчатая часть, совместно со стройной мышцей, факультативно действует также флексором коленного сустава. Гребешковая мышца, кроме флексии тазобедренного сустава, также выполняет и аддукцию тазобедренного сустава.

ANATOMICAL AND TOPOGRAPHIC FEATURES OF THE FLEXOR MUSCLES OF THE HIP JOINT IN A MAINE COON CAT

Slesarenko N. A.* – Doctor of Biology, Prof. kaf. anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov (ORCID 0000-0002-8350-5965); **Shirokova E. O.** – Candidate of Biology, Associate Professor of the Faculty. Anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov, (ORCID 0000-0003-4891-5405); **Oganov E. O.** – Candidate of Veterinary Sciences, Assoc. kaf. anatomy and Histology of Animals named after Professor A.F. Klimov (ORCID 0000-0003-1206-4397).

K.I. Scriabin Moscow State Medical University

* slesarenko2009@yandex.ru

ABSTRACT

The article presents the anatomical fea-

tures of the flexors of the hip joint in an ordinary domestic cat of the Maine Coon breed, which are absent in the available literature. We have clarified the points of fixation of the large lumbar, iliac, sartorial and scallop muscles. The research was carried out at the Department of Anatomy and Histology of Animals named after Professor A. F. Klimov of the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Scriabin. The material for the research was a sectional material- pelvic limbs (n=8), selected from a Maine Coon domestic cat, without external signs of musculoskeletal system pathologies. The methods of fine macro- and microanatomic dissection under the control of a binocular magnifier "Micromed HR 350 S" were used, followed by functional analysis of the studied structures and skeletotopic projection of points of attachment of muscle parts. It is shown that in a Maine Coon cat, the flexors of the hip joint include a complex of muscles - the tensor of the wide fascia of the thigh, the iliolumbar, sartorial and scallop muscles. The strainer of the wide fascia of the thigh, fusing in the distal part of the fascia with the deep fascia of the thigh and with the quadriceps femoris muscle, creates a pressor effect on this muscle and helps it to unbend the knee joint. The iliolumbar muscle not only bends the hip joint, but also acts as a joint support, as well as an extensor of the knee joint due to cranial thickening (i.e., concentrations of muscle fibers at the cranial edge of the muscle). It passes from the hip to the shin with a wide distal end, which indicates that its lamellar part, together with a slender muscle, optionally also acts as a flexor of the knee joint.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Былинская, Д. С. Мышцы тазовой конечности рыси евразийской / Д. С. Былинская // Иппология и ветеринария. – 2013. – № 1(7). – С. 35-40.

2.Зеленевский, Н. В. Анатомия рыси евразийской / Н. В. Зеленевский, М. В. Щипакин, К. Н. Зеленевский (и др.); НЧОУ ВПО НОИР. – Санкт-Петербург: Информационно-консалтинговый центр, 2015. – 166 с.

3.Муратова, А. Р. Морфофункциональные особенности мышц суставов тазовой конечности у хищных / А.Р. Муратова, М.В. Лазарева // Сборник III Всероссийской (национальной) научной конференции «Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий». – 2018. – С. 750-753.

4.Новак, В. II. Моделирование процесса дифференцировки ткани собственных фасций конечностей домашних млекопитающих // Материалы научной конференции "Возрастная и экологическая морфология животных в условиях интенсивного животноводства". – Ульяновск, 1987. – С.54-56.

5.Слесаренко, Н. А. Морфофункциональные особенности строения мышц коленного сустава в зависимости от механизма статолокомоторного акта / Н.А. Слесаренко, Е.О. Широкова, В.А. Иванцов // Иппология и ветеринария. – 2022. – № 1 (43). – С. 160-167.

6.Слесаренко,Н. А., Сербский, А. Е. Морфология матрикса собственных и поверхностных фасций конечности у некоторых плотоядных// Вестник Белоцерковского государственного аграрного университета. – 1998. – Вып.6,- 4.2. – С.75-82.

7.Слесаренко, Н. А. Морфофункциональные особенности связочного аппарата коленного сустава у лисицы в условиях клеточного режима содержания / Н.А. Слесаренко, Е.О. Широкова, В.А. Иванцов // Морфология. – 2020. – Т. 157. – № 2 -3. – С. 196.

8.Слесаренко, Н. А. Макроморфологическая характеристика мышц тазобедренного сустава у благородного пятнистого оленя / Н.А. Слесаренко, Э.О. Оганов, Е.О. Широкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1 – С. 63-71.

9.Широкова, Е. О. Анатомо-топографические особенности четырёхглавой мышцы бедра у благородного пятнистого оленя /Широкова Е. О., Слесаренко Н. А., Оганов Э. О.// Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2023. – № 2. – С. 50-59.

10.Широкова, Е. О. Макроморфология четырехглавой мышцы бедра у амурского тигра/ Широкова Е. О., Слесаренко Н. А., Оганов Э. О.// В сборнике: Морфология в XXI: теория, методология, практика. Москва, 2023. – С. 51-53.
11.Сравнительная морфология скелета бедра кошки домашней и кролика / А. В. Прусаков, М. В. Щипакин, С. В. Вирунен [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2016. – № 3. – С. 80-83.
12.Мельников, С. И. Артериальное кровоснабжение области бедра и голени шиншиллы длиннохвостой / С. И. Мельников // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов LIII Международной студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 29 марта 2019 года. Том Часть 1. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2019. – С. 25-28.
13.Яволовская, Я. О. Скелет пояса тазовой конечности соболя черной пушкинской породы в возрастном аспекте / Я. О. Яволовская, М. В. Щипакин // Иппология и ветеринария. – 2023. – № 1(47). – С. 118 -128.
14.Рыбалкин, С. М. Кранио-латеральный и латеральный доступы к тазобедренному суставу с остеотомией большого вертела / С. М. Рыбалкин, М. В. Щипакин // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : Международная научно -практическая конференция, посвященная памяти доктора биологических наук, профессора, Заслуженного работника Высшей школы РФ, Почётного работника высшего профессионального образования РФ, Почётного профессора Брянской ГСХА, Почётного гражданина Брянской области Егора Павловича Ващекина, Брянск, 22 января 2024 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2024. – С. 117-120.
15.Морфологические особенности строения бедра и голени у собак пород бассетхаунд и далматин в сравнительном аспекте / С. В. Вирунен, М. В. Щипакин, А. В. Прусаков [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2016. – № 1. – С. 175-178.

REFERENCES

1. Bylinskaya, D. S. Muscles of the pelvic limb of the Eurasian lynx / D. S. Bylinskaya // Hippology and veterinary medicine. – 2013. – № 1(7). – Pp. 35-40.
2. Zelenevsky, N. V. Anatomy of the Eurasian lynx / N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin, K. N. Zelenevsky (et al.); NCHOU VPO NOIR. – St. Petersburg: Information and Consulting Center, 2015. – 166 p.
3. Muratova, A. R. Morphofunctional features of the muscles of the joints of the pelvic limb in predatory animals / A.R. Muratova, M.V. Lazareva // Collection of the III All -Russian (national) scientific conference "The role of agrarian science in the sustainable development of rural areas". - 2018. – pp. 750-753.
4. Novak, V. II. Modeling of the process of differentiation of tissue of own fascia of limbs of domestic mammals // Proceedings of the scientific conference "Age and ecological morphology of animals in conditions of intensive animal husbandry". Ulyanovsk, 1987. pp.54-56.
5. Slesarenko, N. A. Morphofunctional features of the structure of the knee joint muscles depending on the mechanism of the statolocomotor act / N.A. Slesarenko, E.O. Shirokova, V.A. Ivantsov // Hippology and veterinary medicine. – 2022. – № 1 (43). – Pp. 160-167.
6. Slesarenko, H. A., Serbsky, A. E. Morphology of the matrix of proper and superficial fascia of the limb in some carnivores// Bulletin of the Belotserkovsky State Agrarian University. – 1998. – Issue 6,- 4.2. – pp.75-82.
7. Slesarenko, N. A. Morphofunctional features of the ligamentous apparatus of the knee joint in a fox in conditions of a cellular maintenance regime / N.A. Slesarenko, E.O. Shirokova, V.A. Ivantsov // Morphology. – 2020. – Vol. 157. – No. 2-3. – p. 196.
8. Slesarenko, N. A. Macromorphological characteristics of the muscles of the hip joint in the noble spotted deer / N.A. Slesarenko, E.O. Oganov, E.O. Shirokova // Proceedings

of the Samara State Agricultural Academy. – 2023. – No. 1 – pp. 63-71.
9. Shirokova, E. O. Anatomical and topographic features of the quadriceps femoral muscle in the noble spotted deer / Shirokova E. O., Slesarenko N. A., Oganov E. O. // Veterinary medicine, zootechny and biotechnology. - 2023. – No. 2. – pp. 50-59.
10. Shirokova, E. O. Macromorphology of the quadriceps femoris in the Amur tiger/ Shirokova E. O., Slesarenko N. A., Oganov E. O.// In the collection: Morphology in XXI: theory, methodology, practice. Moscow, 2023. – pp. 51-53.
11. Comparative morphology of the femoral skeleton of a domestic cat and a rabbit / A.V. Prusakov, M. V. Shchipakin, S. V. Virunen [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2016. – No. 3. – pp. 80-83.
12. Melnikov, S. I. Arterial blood supply to the thigh and shin area of chinchilla long-tailed / S. I. Melnikov // Actual issues of science and economics: new challenges and solutions: Collection of materials of the LIII International Student Scientific and Practical Conference, Tyumen, March 29, 2019. Volume Part 1. – Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2019. – pp. 25 -28.
13. Yavolovskaya, Ya. O. The skeleton of the pelvic limb belt of the sable of the black Pushkin breed in the age aspect / Ya. O. Yavolovskaya, M. V. Shchipakin // Hippology and veterinary medicine. – 2023. – № 1(47). – Pp. 118-128.
14. Rybalkin, S. M. Cranio-lateral and lateral access to the hip joint with osteotomy of the large trochanter / S. M. Rybalkin, M. V. Shchipakin // Actual problems of intensive development of animal husbandry : International scientific and practical conference dedicated to the memory of Doctor of Biological Sciences, professor, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary worker of higher professional education Russian Federation, Honorary Professor of the Bryansk State Agricultural Academy, Honorary Citizen of the Bryansk region Egor Pavlovich Vashchekin, Bryansk, January 22, 2024. – Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2024. – pp. 117-120.
15. Morphological features of the structure of the thigh and lower leg in dogs of Bassethound and Dalmatian breeds in a comparative aspect / S. V. Virunen, M. V. Shchipakin, A.V. Prusakov [et al.] // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. - 2016. – No. 1. – pp. 175-178.

УДК: 636.52/.58:611.013
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.241

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЛАЗНЫХ ЯБЛОК И ХРУСТАЛИКОВ У КУРИНЫХ ЭМБРИОНОВ КРОССА «ЛОМАНН БРАУН»

Дмитриева О.С.[1] – канд. ветеринар. наук, доц. каф. зоотехнии и технологии переработки продукции животноводства (ORCID 0000-0003-1326-7794); **Аржанкова Ю.В.**[2] – д-р биол. наук, доц. каф. зоотехнии и технологии переработки продукции животноводства (ORCID 0000-0003-0964-5270); **Половинцева Т.М.**[3] – канд. биол. наук (ORCID 0000-0003-4285-9940).

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия»

*oksana.sergeevna85@mail.ru

Ключевые слова: *куриный эмбрион, глазные яблоки, хрусталики, морфометрия, эмбриогенез.*

Key words: *chicken embryo, eyeballs, lenses, morphometry, embryogenesis.*

Поступила: 08.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В статье представлены морфометрические исследования глазных яблок и хрусталиков куриных эмбрионов с 4-х по 20-е сутки инкубации в ростро-каудальном и дорсовентральном направлениях. На ранних этапах развития наблюдались небольшие различия в диаметрах правых и левых глазных яблок, которые постепенно уменьшались, достигая синхронного развития к концу инкубации. В ростро-каудальном направлении размер правого глазного яблока превышал левое на 25% на 4-е сутки, уменьшаясь до 1,9% к 20-м суткам. Достоверные различия наблюдались на 16 и 19 сутки ($p<0,05...0,01$). В дорсовентральном направлении разница между правым и левым глазным яблоком составила 9,4% на 6-е сутки, стабилизируясь на уровне 1,8-1,9% к 18-20-м суткам. Достоверные различия отмечены на 6-е ($p<0,05$) и 18-20-е ($p<0,01$) сутки. Размер хрусталика в ростро-каудальном направлении показал максимальное отклонение 33,3% на 4-е сутки и минимальное 5,9% на 20-е сутки. Достоверные различия между правым и левым хрусталиками обнаружены только на 9-е сутки ($p<0,01$), 18-19-е сутки ($p<0,01$) инкубации в дорсовентральном направлении разница между правым и левым хрусталиком составляла от 7,7% до 25,0% на ранних стадиях (4-9 сутки), уменьшаясь к 20-м суткам до 4,2%. Достоверных различий не выявлено. Исследования показали, что размеры глазных яблок и хрусталиков увеличиваются закономерно в течение инкубационного периода, при этом правый глаз и хрусталик несколько больше левого на протяжении всего периода развития. Размеры хрусталиков увеличивались пропорционально росту глазных яблок. Нами интенсивный рост отмечен при переходе к раннеплодной стадии развития.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Исследование морфогенеза глазного яблока и хрусталика у куриных эмбрионов, представляет собой важную и актуальную задачу современной эмбриологии и морфологии. Глазное яблоко и хрусталик являются важнейшими элементами зрительного аппарата, определяющими его анатомическую и функциональную целостность. Глазное яблоко, как основной рецепторный орган зрительного анализатора, играет ключевую роль в восприятии света и преобразовании световой информации в нервные импульсы. Хрусталик, в свою очередь, отвечает за фокусировку света на сетчатке, обеспечивая четкое и ясное изображение. Морфометрические параметры этих структур, такие как их размер, форма и положение, могут служить важными индикаторами нормального или патологического развития зрительной системы на ранних стадиях эмбриогенеза [1-3].

В настоящее время изучение морфометрических изменений глазных яблок и хрусталиков на различных этапах эмбрионального развития является актуальным направлением исследований в области офтальмологии и эмбриологии. Асимметрии в развитии глазных яблок и хрусталиков могут иметь генетическую природу, а также возникать под влиянием внешних факторов, таких как условия инкубации, температура, влажность, освещение и другие параметры среды [4-6].

На сегодняшний день данные о морфометрических изменениях параметров глазных яблок и хрусталиков у куриных эмбрионов остаются фрагментарными и требуют систематизации. Существующие исследования в этой области зачастую ограничиваются общими описаниями, не учитывающими детальные изменения размеров и формы глазных яблок в зависимости от стадии эмбрионального развития. В связи с этим возрастает необходимость разработки и применения новых, более точных методик морфометрического анализа, которые позволили бы получить надежные и воспроизводимые данные о динамике изменений глазных яблок и хрусталиков в эмбриональном периоде [7-11].

Целью данного исследования является изучение морфометрических изменений глазных яблок и хрусталика куриных эмбрионов в ростро-каудальном и дорсовентральном направлении в различные сутки инкубационного периода (с 4-х по 20-е сутки).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводились в научной лаборатории ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА. Для исследования были отобраны яйца кур кросса «Ломанн Браун», оцененные по массе, целостности скорлупы и степени мраморности для определения их качества и пригодности к инкубации. Масса яиц составила 51-59 г (n=60).

При инкубации яиц температура воздуха в инкубаторе была стабильной (37,6±0,10 ^{0}C), а относительная влажность воздуха составляла 54,0-57,0%, соответствуя рекомендациям ВНИТИП по инкубации яиц сельскохозяйственной птицы. Проводился биологический контроль с помощью овоскопирования.

Материалом для исследования являлись глазные яблоки куриных эмбрионов с 4-го по 20-й сутки инкубации. Ежедневно, в одно и то же время проводилось вскрытие трех яиц. Глазное яблоко каждого эмбриона измеряли в программе ScreenMeter 1.0 («Софткей», Москва, Россия).

Диаметр глазного яблока и хрусталика измеряли в дорсовентральном и ростро-каудальном направлениях. Из-за невозможности осуществить анализ в первые три дня развития исследование глазных яблок и хрусталиковначиналось с 4-х суток инкубации. Полученные данные подвергались биометрической обработке с анализом цифрового материала и степени достоверности результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате исследования были проведены морфометрические измерения диаметров глазных яблок и хрусталиков у эмбрионов кур в различных направлениях — дорсовентральном и ростро-

каудальном. Эти измерения позволили выявить периоды интенсивного роста глазных яблок и хрусталиков в процессе эмбрионального развития.

Данные, представленные в таблице 1 и на рисунках 1-4, демонстрируют посуточное развитие глазных яблок и хрусталиков у эмбрионов кур с 4-х по 20-е сутки инкубации, что отражает динамику их роста и развития на различных стадиях эмбрионального периода (табл. 1).

Таблица 1 – Морфометрическое измерение диаметра правых, левых глазных яблоки хрусталиков у эмбрионов кур

Сутки	Измерение глаза, мм				Измерение хрусталика, мм			
	ростро-каудально		дорсовентрально		ростро-каудально		дорсовентрально	
	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый
Позднезародышевая стадия (4-6 сутки)								
4	0,5±0,1	0,4±0,03	1,5±0,03	1,4±0,10	0,4±0,03	0,3±0,03	0,5±0,03	0,4±0,03
5	1,9±0,1	1,8±0,1	2,7±0,03	2,6±0,03	0,5±0,03	0,4±0,03	0,7±0,03	0,6±0,03
6	2,9±0,1	2,8±0,2	3,5±0,03*	3,2±0,10	0,5±0,03	0,4±0,03	0,7±0,03	0,6±0,03
Раннеплодная стадия (7-12 сутки)								
7	3,9±0,03	3,7±0,1	4,7±0,1	4,6±0,1	0,8±0,03	0,7±0,03	1,2±0,03	1,1±0,03
8	6,2±0,1	5,9±0,1	6,5±0,03	6,4±0,1	0,8±0,03	0,7±0,03	1,2±0,03	1,1±0,03
9	6,4±0,1	6,3±0,1	7,1±0,03	7,0±0,1	0,9±0,03**	0,7±0,03	1,4±0,03	1,3±0,06
10	7,0±0,1	6,9±0,1	7,2±0,1	7,1±0,1	1,0±0,10	0,9±0,03	1,5±0,06	1,4±0,06
11	8,1±0,1	8,0±0,1	8,4±0,1	8,2±0,1	1,1±0,03	1,0±0,03	1,5±0,06	1,4±0,03
12	8,4±0,1	8,2±0,1	8,7±0,1	8,6±0,1	1,2±0,03	1,1±0,03	1,8±0,06	1,7±0,09
Среднеплодная стадия (13-17 сутки)								
13	9,0±0,1	8,9±0,03	9,2±0,1	9,1±0,03	1,3±0,03	1,2±0,03	2,1±0,03	2,0±0,03
14	9,2±0,1	9,0±0,03	9,5±0,03	9,3±0,1	1,4±0,03	1,3±0,03	2,2±0,03	2,1±0,03
15	9,3±0,1	9,2±0,03	9,8±0,03	9,6±0,1	1,5±0,03	1,4±0,03	2,2±0,03	2,1±0,06
16	9,6±0,03*	9,5±0,01	10,2±0,1	10,0±0,03	1,6±0,03	1,5±0,03	2,3±0,06	2,2±0,03
17	9,9±0,1	9,8±0,1	10,6±0,1	10,5±0,03	1,6±0,03	1,5±0,03	2,3±0,06	2,2±0,00
Позднеплодная стадия (18-20 сутки)								
18	10,1±0,1	9,9±0,1	10,9±0,03**	10,7±0,03	1,9±0,03**	1,6±0,03	2,4±0,03	2,3±0,07
19	10,5±0,03**	10,3±0,03	11,0±0,03**	10,8±0,03	1,9±0,03**	1,7±0,03	2,5±0,03*	2,4±0,03
20	10,8±0,1	10,6±0,1	11,3±0,03**	11,1±0,03	1,8±0,03	1,7±0,03	2,5±0,03	2,4±0,03

*p<0,05, ** p<0,01.

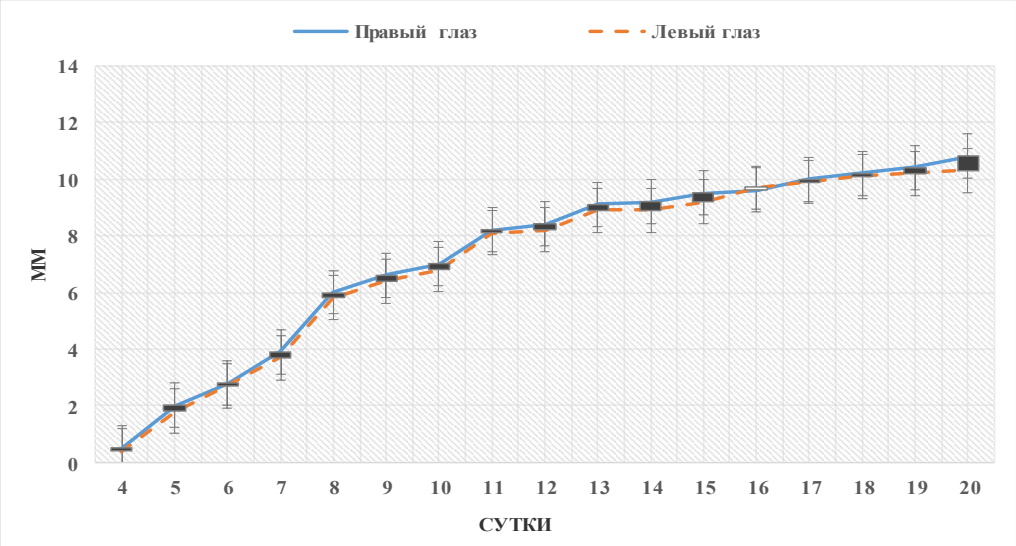


Рисунок 1 – Изменение диаметра левого и правого глазных яблок куриного эмбриона в ростро-каудальном направлении.

Измерение диаметра правого и левого глазных яблок куриного эмбриона в ростро-каудальном направлении позволяет оценить их развитие. На начальной стадиях развития глазные яблоки имеют диаметр 0,4-0,5 мм, что свидетельствует о симметричности. По мере роста эмбриона наблюдается постепенное увеличение диаметров глазных яблок, с определенными колебаниями в зависимости от возраста (рис. 1).

В результате измерений в ростро-каудальном направлении получены следующие данные: на 4-е сутки инкубации размер правого глазного яблока превышает размер левого на 25%, к 20-м суткам инкубации этот показатель уменьшился до 1,9%. Достоверное превосходство правых глазных яблок по сравнению левыми выявлено на 16-е ($p<0,05$) и 19-е ($p<0,01$) сутки. Однако на протяжении всего инкубационного периода ростро-каудальный диаметр правых глазных яблок больше диаметра левых.

Изучение изменения диаметров левого и правого глазных яблок куриного эмбриона в дорсовентральном направлении позволяет оценить их динамику развития (рис. 2). Дорсовентральное измерение предоставляет информацию о вертикальном размере глазного яблока, что важно для понимания его роста и развития в вертикальной плоскости. Это измерение помогает определить, как глазное яблоко удлиняется или уплощается в вертикальном направлении, что влияет на его общую форму и объем.

Поскольку глазное яблоко должно иметь определенную форму для нормального функционирования, изменения в дорсовентральном размере могут свидетельствовать о нарушениях в его формировании. Например, отклонения от нормального роста могут привести к изменению кривизны роговицы или формы хрусталика, что, в свою очередь, влияет на преломление света и зрительное восприятие.

При дорсовентральном измерении разница между правым и левым глазным яблоком составила: на 6-е сутки инкубации – 9,4%, к 18-20-м суткам этот показатель стабилизировался на уровне 1,8-1,9%. Достоверное превосходство правых глаз по сравнению левыми выявлено на 6-е ($p<0,05$), 18-20-е ($p<0,01$) сутки инкубации и наблюдается в течение всего периода.

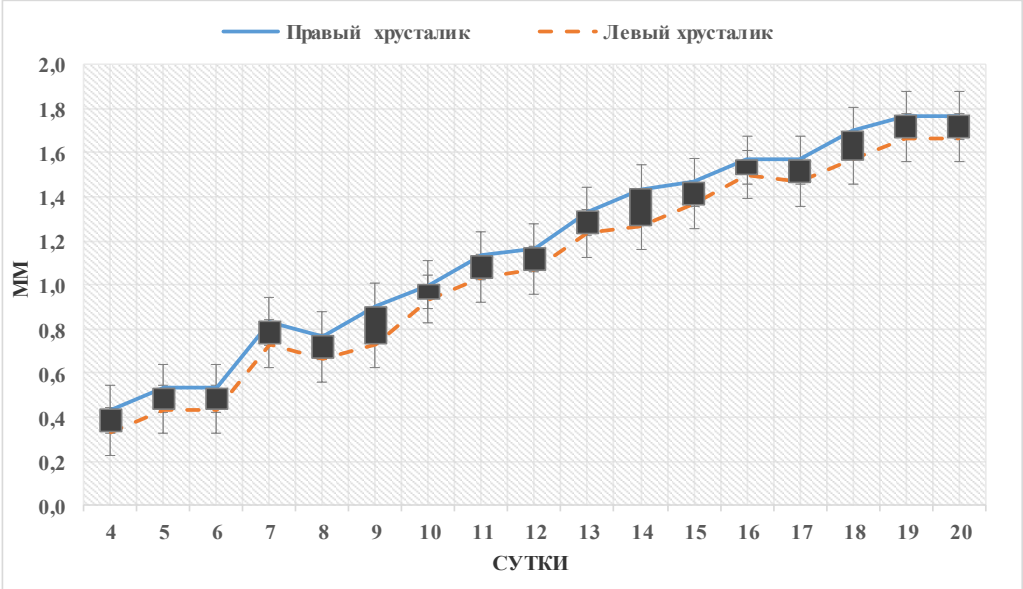


Рисунок 3 – Изменение диаметра хрусталика левых и правых глаз куриного эмбриона в ростро-каудальном направлении.

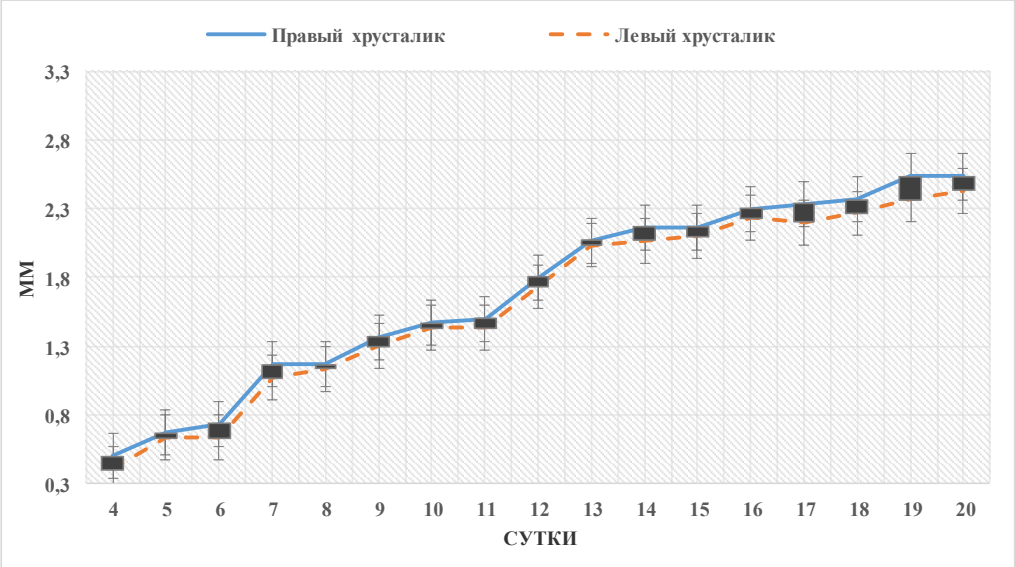


Рисунок 4 – Изменение диаметра хрусталика левых и правых глазных яблок куриного эмбриона в дорсовентральном направлении.

Таким образом, можно сделать вывод, что в период инкубации отмечается закономерный рост глазных яблок, причем размер правых глазных яблок больше размера левых на протяжении всего периода инкубации. К концу позднеплодной стадии различия становятся достоверными несмотря на то, что различия между размерами глазных яблок в относительных величинах несколько снижаются.

Морфометрические измерения хрусталика у эмбрионов кур также проводились с 4-х по 20-е сутки инкубации как ростро-каудально, так и дорсовентрально для обоих (рис. 3, 4).

Размер хрусталика активно изменяется в инкубационный период пропорционально размеру глазного яблока. В ростро-каудальном направлении между правыми и левыми хрусталиками не обнаружено достоверных различий в размере за периоды с 4-х по 20-е сутки за исключением -х ($p<0,01$), 18-19-ых суток ($p<0,01$).

В ростро-каудальном направлении разница между размерами павых и левых хрусталиков показало отклонение с максимальным значением 33,3% на 4-е сутки и минимальным значением 5,9% на 20-е сутки. Более быстрый рост выявлен на 7-е сутки при переходе к раннеплодной стадии, затем показатель возрастал закономерно.

При измерениях дорсовентрально на 4 -е сутки инкубации разница в размере правого и левого хрусталика составила 25%, к 20-м суткам она уменьшилась до 4,2%.

В дорсовентральном направлении на ранних стадиях развития (с 4-х по 9-е сутки) изменения размеров были значительно выражены. Разница между правыми и левыми хрусталиками составляла от 7,7% до 25,0%. Затем значения показателей закономерно уменьшались, достигая 4,2%. К 20-м суткам достоверных различий не выявлено.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

На начальных стадиях развития куриных эмбрионов, диаметр глазных яблок как правого, так и левого составляет 0,4-0,5 мм, что указывает на их симметричное развитие. По мере роста эмбрионов наблюдается закономерное увеличение диаметров глазных яблок в ростро-каудальном направлении. На 4-е сутки инкубации размер правого глазного яблока превышал левое на 25%, однако к 20-м суткам разница уменьшилась до 1,9%. Это свидетельствует о постепенном выравнивании размеров глазных яблок по мере их развития.

В течение всего периода инкубации ростро-каудальный диаметр правого глазного яблока был больше, чем левого. Достоверное превосходство правых глазных яблок было выявлено на 16-е и 19-е сутки инкубации ($p<0,05$ и $p<0,01$ соответственно).

Измерения в дорсовентральном направлении показали, что разница в размере между правым и левым глазными яблоками составляла 9,4% на 6-е сутки инкубации и стабилизировалась на уровне 1,8-1,9% к 18-20-м суткам. Достоверные различия также были отмечены на 6-е и 18-20-е сутки инкубации ($p<0,05$ и $p<0,01$ соответственно).

Размер хрусталика увеличивался пропорционально росту глазного яблока. В ростро-каудальном направлении не было обнаружено достоверных различий между правым и левым хрусталиками, за исключением 9-х и 18-19-х суток инкубации ($p<0,01$). Наибольшая разница в размерах хрусталика отмечалась на 4-е сутки (33,3%), минимальная — на 20-е сутки (5,9%).

В дорсовентральном направлении на ранних стадиях инкубации (4-9-е сутки) разница в размерах хрусталиков между правым и левым была значительно выражена (от 7,7% до 25,0%). Однако к 20-м суткам эта разница уменьшилась до 4,2%, и достоверных различий выявлено не было.

В целом, исследование показало закономерный рост глазных яблок и хрусталиков у куриных эмбрионов, причем правые глазные яблоки и хрусталики были больше по размеру на протяжении всего периода инкубации. Однако к концу позднеплодной стадии различия в размерах

между правыми и левыми глазными яблоками, и хрусталиками снизились и стали менее выраженными.

MORPHOMETRIC CHANGES IN PARAMETERS OF EYEBALLS AND CRYSTALLINE LENS IN CHICKEN EMBRYOS OF THE CROSS "LOMANN BROWN"

Dmitrieva O. S.[1] – candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of zootechnics and animal production processing technology; **Arzhankova Yu. V.**[2] – doctor of biological sciences, associate professor of the department of zootechnics and animal production processing technology; **Polovintseva T. M.**[3] – candidate of biological sciences (ORCID 0000-0003-4285-9940)

State Agricultural Academy of Velikie Luki

*oksana.sergeevna85@mail.ru

ABSTRACT

The article presents morphometric studies of eyeballs and crystalline lens of chicken embryos from the 4th to the 20th day of incubation in rostro-caudal and dorsoventral directions. At early stages of development, slight differences in the diameters of the right and left eyeballs were observed, which gradually decreased, reaching synchronous development by the end of incubation. In the rostro-caudal direction, the size of the right eyeball exceeded the left one by 25% on the 4th day, decreasing to 1.9% by the 20th day. Significant differences were observed on the 16th and 19th day ($p<0.05...0.01$). In the dorsoventral direction, the difference between the right and left eyeballs was 9.4% on the 6th day, stabilizing at 1.8-1.9% by the 18th-20th day. Significant differences were noted on the 6th ($p<0.05$) and 18th-20th ($p<0.01$) days. The lens size in the rostro-caudal direction showed a maximum deviation of 33.3% on the 4th day and a minimum of 5.9% on the 20th day. Significant differences between the right and left lens were found only on the 9th day ($p<0.01$), 18-19th day ($p<0.01$) of incubation in the dorsoventral direction the difference between the right and left lens ranged from 7.7% to 25.0% in the early stages (4-9 days), decreasing to 4.2% by the 20th day. No significant differences were found. The studies showed that the sizes of the eyeballs and crystalline lens increased in a regular manner during the incubation period, with the right eye and crystalline lens being slightly larger than the left throughout the developmental period. The size of the lens increased in proportion to the growth of the eyeballs. We noted intensive growth during the transition to the early fruiting stage of development.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Аржанкова, Ю. В. Влияние витамина А (ретинол) на массу тела и глаз цыплят-бройлеров в постнатальном онтогенезе / Ю. В. Аржанкова, О. С. Дмитриева, С. Ю. Николаева // наука молодых 2022 : сборник статей III Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 19 декабря 2022 года. Том Часть 1. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 213-218.

2.Дмитриева, О. С. Морфофункциональные изменения зрительного анализатора цыплят-бройлеров в онтогенезе и при воздействии рибофлавина / О. С. Дмитриева // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Сборник докладов XIV Международной научно-практической конференции, Великие Луки, 11–12 апреля 2019 года. – Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 111-120.

3.Дмитриева, О. С. Влияние рибофлавина на массу тела и глаз эмбрионов кур в антенатальном онтогенезе / О. С. Дмитриева // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 2-7.

4.Дмитриева, О. С. Влияние витамина А (ретинола) на гистологические изменения в сетчатой оболочке глаза и хрусталика цыплят-бройлеров в постнатальном онтогенезе / О. С. Дмитриева, Ю. В. Аржанкова, С. Ю. Николаева // Лучший исследовательский проект 2023 : сборник статей

Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 17 мая 2023 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2023. – С. 95-103.
5.Дмитриева, О. С. Влияние витамина А (ретинола) на морфометрические изменения параметров глазного яблока и хрусталика глаза цыплят – бройлеров в постнатальном онтогенезе / О. С. Дмитриева, С. Ю. Николаева // Молодые исследователи – современной науке : сборник статей VI Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 10 мая 2023 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2023. – С. 165-171.
6.Половинцева, Т. М. Начальные этапы развития глазного яблока у эмбрионов кур / Т. М. Половинцева, О. С. Дмитриева // Современные тенденции научного обеспечения в развитии АПК: фундаментальные и прикладные исследования: материалы научно-практической (очно-заочной) конференции с международным участием, Омск, 26 октября 2017 года / Сибирский научно-исследовательский институт птицеводства. – Омск: ИП Макшеевой Е.А., 2017. – С. 21-26.
7.Mey, J. Development of the visual system of the chick. I. Cell differentiation and histogenesis / J. Mey, S. Thanos // Brain Res Brain Res Rev. – 2000. –V. 32. – P. 343-379.
8.Neath, P. Intraocular pressure-dependent and -independent phases of growth of the embryonic chick eye and cornea / P. Neath, S.M. Roche, J.A. Bee // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 1991. –V. 32. – P. 2483-2491.
9.Rogers, L.J. Asymmetry of Motor Behavior and Sensory Perception: Which Comes First? / L.J. Rogers // Symmetry. – 2020. –V. 12. – P. 1-12.
10.Thanos, S. Axonal arborization in the developing chick retinotectal system / S. Thanos, F. J. Bonhoeer // Comp. Neurol. – 1987. –V. 261. – P. 155-164.
11.Zareen, N. Histological stages of retinal morphogenesis in chicken - a descriptive laboratory research / N. Zareen, M. Y. Khan, L. A. Minhas // Italian Journal of Zoology. – 2011. – V. 78. – P. 45-52.

REFERENCES

1. Arzhankova, Yu. V. Effect of vitamin A (retinol) on body weight and eyes of broiler chickens in postnatal ontogenesis / Yu. V. Arzhankova, O. S. Dmitrieva, S. Yu. Nikolaeva // SCIENCE OF THE YOUNG 2022: collection of articles of the III International Research Competition, Petrozavodsk, December 19, 2022. Volume Part 1. - Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (IP Ivanovskaya I.I.), 2022. - C. 213-218. - EDN CZCXQL.
2.Dmitrieva, O. S. Morphofunctional changes in the visual analyzer of broiler chickens in ontogenesis and under the influence of riboflavin / O. S. Dmitrieva // Scientific and technological progress in agricultural production: Collection of reports of the XIV International Scientific and Practical Conference, Velikie Luki, April 11-12, 2019. - Velikie Luki: Velikie Luki State Agricultural Academy, 2019. - C. 111-120.
3.Dmitrieva, O. S. The effect of riboflavin on the body weight and eyes of chicken embryos in antenatal ontogenesis / O. S. Dmitrieva // Izvestiya Velikolukskaya State Agricultural Academy. - 2017. - № 4. - C. 2-7. - EDN YLSEBJ.
4.Dmitrieva, O. S. Effect of vitamin A (retinol) on histological changes in the retina and lens of broiler chickens in postnatal ontogenesis / O. S. Dmitrieva, Y. V. Arzhankova, S. Yu. Nikolaeva // best research project 2023: collection of articles of the International Research Competition, Petrozavodsk, May 17, 2023. - Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (IP Ivanovskaya I.I.), 2023. - C. 95-103.
5.Dmitrieva, O. S. Effect of vitamin A (retinol) on morphometric changes in the parameters of the eyeball and eye lens of broiler chickens in postnatal ontogenesis / O. S. Dmitrieva, S. Yu. Nikolaeva // young researchers - modern science: collection of articles of the VI International Scientific Conference, Petrozavodsk, May 10, 2023. -

Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (IP Ivanovskaya I.I.), 2023. - C. 165-171.
6.Polovintseva, T. M. Initial stages of eyeball development in chicken embryos / T. M. Polovintseva, O. S. Dmitrieva // Modern trends of scientific support in the development of agroindustrial complex: fundamental and applied research: proceedings of the scientific and practical (full-time and part-time) conference with international participation, Omsk, October 26, 2017 / Siberian Research Institute of Poultry Breeding. - Omsk: IP Maksheeva E.A., 2017. - C. 21-26.
7.Mey, J. Development of the visual system of the chick. I. Cell differentiation and histogenesis / J. Mey, S. Thanos // Brain Res Brain Res Rev. – 2000. –V. 32. – P. 343-379.
8.Neath, P. Intraocular pressure-dependent and -independent phases of growth of the embryonic chick eye and cornea / P. Neath, S.M. Roche, J.A. Bee // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 1991. –V. 32. – P. 2483-2491.
9.Rogers, L.J. Asymmetry of Motor Behavior and Sensory Perception: Which Comes First? / L.J. Rogers // Symmetry. – 2020. –V. 12. – P. 1-12.
10.Thanos, S. Axonal arborization in the developing chick retinotectal system / S. Thanos, F. J. Bonhoeer // Comp. Neurol. – 1987. –V. 261. – P. 155-164.
11.Zareen, N. Histological stages of retinal morphogenesis in chicken - a descriptive laboratory research / N. Zareen, M. Y. Khan, L. A. Minhas // Italian Journal of Zoology. – 2011. – V. 78. – P. 45-52.

УДК: 611.718.7/.9:611.137.93:636.934.55
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.250

КОСТИ СТОПЫ И ТОПОГРАФИЧЕСКИ АССОЦИИРОВАННЫЕ С НИМИ АРТЕРИИ У СОБОЛЯ ЧЕРНОЙ ПУШКИНСКОЙ ПОРОДЫ

Яволовская Я. О. * – соиск. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0000-0002-2533-8708); **Щипакин М.В.** – д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0002-2960-3222); **Былинская Д.С.** – канд. ветеринар. наук, доц. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0001-9997-5630); **Стратонов А.С.** – канд. ветеринар. наук, доц. каф. анатомии животных (ORCID 0009-0007-2976-4820).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

* yavolovskaya94@bk.ru

Ключевые слова: *стопа, кости, артерия, соболь, диаметр, ширина, длина, анатомия, топография, русло.*

Key words: *foot, bones, artery, sable, diameter, width, length, anatomy, topography, riverbed.*

Поступила: 27.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Тазовые конечности придают животному относительную пружинистость тела, а также быстроту движений при беге и различных реакций на окружающую среду обитания. Чем активнее мышца, тем кровоснабжение ее должно быть обильнее. Знание особенностей строения и топографии скелета тазовой конечности необходимы ветеринарному врачу, который выполняет не только оперативные вмешательства на данной области тела, но и проводит ветеринарно-санитарную экспертизу для определения фальсификации. Трупный материал для исследования был доставлен на кафедру анатомии животных ФГБОУ ВО СПбГУВМ со звероводческого хозяйства Ленинградской области. Объектами для проведения данного исследования послужили трупы соболя черной пушкинской породы двух возрастных групп: 15-20 месяцев от рождения (половая зрелость) и 36-40 месяцев от рождения (половая зрелость) в количестве 10 штук в каждой группе. Для достижения поставленной задачи использовали комплекс традиционных анатомических методов исследования. В результате исследования были определены кости стопы у соболя черной пушкинской породы, а также топографически ассоциированные с ними артерии. Кости заплюсны у черной пушкинской породы соболей образуют тремя ассиметричными рядами (проксимальный, центральный, дистальный) коротких костей, которые расположены между костями голени и плюсны. Кости плюсны у данных животных представлены пятью уплощенно-вытянутыми хорошо развитыми трубчатыми костями. Каждая из пяти костей имеет следующие поверхности (дорсальная, плантарная, медиальная, лате-

ральная). Кости пальцев (ossa digitorum) у соболей черной пушкинской породы представлены пятью пальцами, каждый из которых состоит из трех фаланг, кроме первого. Он состоит из двух фаланг. Основной артерией кровоснабжающей область стопы является дорсальная артерия стопы, которая в дальнейшем многократно делится, питая область плюсны и пальцев. Данные артерии ассоциированны с костями области стопы. Каждая кость, как и артерия имеет свои анатомо-топографические особенности, которые присуще для куньих, в связи образом их ареала обитания.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Вопросами динамики линейного роста костей, мышц и сосудов в локомоции у животных занимались многие отечественные и зарубежные ученые, которые уделяли большое внимание структурным компонентам костного, мышечного и сосудистого аппарата, а также наличию анатомических особенностей, связанных с ареалом обитания. По их данным было установлено, что опорно-двигательный аппарат в постнатальном онтогенезе, в частности кости и мышцы более интенсивно растут и развиваются на проксимальной трети конечностей животных, в сравнении с дистальным отделом. Тазовые конечности придают животному относительную пружинистость тела, а также быстроту движений при беге и различных реакций на окружающую среду обитания. Чем активнее мышца, тем кровоснабжение ее должно быть обильнее. Знание особенностей строения и топографии скелета тазовой конечности необходимы ветеринарному врачу, который выполняет не только оперативные вмешательства на данной области тела, но и проводит ветеринарно-санитарную экспертизу для определения фальсификации. В связи с вышесказанным, актуальность данного исследования не вызывает сомнений.

Цель исследования – изучить кости стопы и топографически ассоциированные с ними артерии у соболя черной пушкинской породы [1-5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводили на кафедре анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». Кадаверный материал для исследования был доставлен на кафедру анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» со звероводческого хозяйства Ленинградской области. Объектами для проведения данного исследования послужили трупы соболя черной пушкинской породы двух возрастных групп: 15-20 месяцев от рождения (половая зрелость) и 36-40 месяцев от рождения (хозяйственная зрелость) в количестве 10 штук в каждой группе. Для достижения поставленной задачи использовали комплекс традиционных анатомических методов исследования: тонкое анатомическое препарирование, мацерация, вазорентгенография, фотографирование и морфометрия. При описании анатомических терминов использовали Международную ветеринарную анатомическую номенклатуру (пятая редакция). Измерение проводили электронным штангенциркулем Орбита ОТ-INM02 со шкалой деления 0,01 мм, производство Россия [6-14].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При исследовании было установлено, что стопа у соболя черной пушкинской породы состоит из трех костных образований: кости заплюсны, плюсны и фаланги пальцев. Кости заплюсны (ossa tarsi) у черной пушкинской породы соболей образуют тремя ассиметричными рядами (проксимальный, центральный, дистальный) коротких костей, которые расположены между костями голени и плюсны.

По анатомо-топографическим закономерностям в проксимальном ряду заплюсны расположена таранная (talus) и пяточная (calcaneus) кости, которые по линейным показателям являются ее самыми крупными костными структурами. Центральный ряд заплюсны представлен центральной костью (os tarsi centrale), которая проксимально соединяется с дистальным блоком таранной кости, а дистально с проксимальной поверхностью четвер-

той и пятой заплюсневой костей. Дистальный ряд образован четырьмя мелкими костями заплюсны.

Таранная кость (talus) у черной пушкинской породы соболей состоит из: головки (caput tali), шейки (collum tali), тела (corpus tali) и проксимального и дистального блоков (trochlea tali proximalis et distalis), суставной поверхности (плантарная) (facies articulares talares (plantaris)). На проксимальном блоке таранной кости имеются латеральный и медиальный гребни, которые разделены между собой бороздой (sulcus tali), проходящей в сагиттальной плоскости для сочленения с блоком большой берцовой кости, где образуется голенозаплюсневый сустав (art. tarsocruralis). Суставная поверхность таранной кости плантарно соединяется с пяточной костью. На дистальном блоке расположена суставная поверхность ладьевидной кости (facies articularis navicularis) для сочленения с центральной костью заплюсны.

Пяточная кость (calcaneus) у черной пушкинской породы соболей состоит из: пяточного отростка (processus calcaneus), пяточного бугра (tuber calcanei), коракоидного отростка (processus coracoideus), держателя таранной кости (sustentaculum tali). Она расположена латерально от таранной кости, а дорсально от тела пяточной кости отходит пяточный отросток, оканчивающийся утолщением в виде пяточного бугра, разделенного бороздой (sulcus calcanei), являющимся место крепления ахиллова сухожилия. Коракоидный отросток располагается на медиальной поверхности тела пяточной кости, а латерально – держатель таранной кости. Дистальный ряд заплюсны представлен четырьмя костями: первая заплюсневая кость (медиальная клиновидная кость) (os tarsale I (os cuneiforme mediale)), которая имеет трехгранную уплощенную форму; вторая заплюсневая кость (промежуточная клиновидная кость) (os tarsale II (os cuneiforme intermedium)), которая имеет слегка изогнутую клиновую форму, направленную вверх; третья заплюсневая кость (латеральная клиновидная кость) (os tarsale III (os cuneiforme laterale), имеет аналогичную форму со второй заплюсневой костью; IV+V заплюсневая кость (кубовидная кость) (os tarsale IV+V (os cuboideum)), которые имеют форму ассиметричного куба, расположены латерально между пяточной и плюсневыми костями.

Кости плюсны (ossa metatarsalia) у соболей черной пушкинской породы представлены пятью уплощенно-вытянутыми хорошо развитыми трубчатыми костями. Каждая из пяти костей имеет следующие поверхности (дорсальная, плантарная, медиальная, латеральная) (facies dorsalis, plantaris, medialis, lateralis)). На проксимальном эпифизе костей плюсны расположена суставная поверхность (facies articularis tarsea) для соединения с костями заплюсны, дорсально от нее лежит плюсневая шероховатость для прикрепления мышц пальцев. Третья и четвертая плюсневые кости являются наиболее длинными по сравнению с другими, так как основная опора при движении животного идет на третий и четвертый палец. На теле данных костей расположен сосудистый желоб, который идет продольно и имеет проксимальный и дистальный сосудистый канал (canalis metatarsi proximalis et distalis). На дистальном эпифизе костей плюсны расположены суставные поверхности блока, предназначенные для сочленения с проксимальной фалангой пальцев.

Кости пальцев (ossa digitorum) у соболей черной пушкинской породы представлены пятью пальцами, каждый из которых состоит из трех фаланг (проксимальная, средняя и дистальная), кроме первого. Он состоит из двух фаланг (средняя и дистальная). Проксимальная фаланга пальцев имеет два эпифиза и диафиз. На проксимальном эпифизе по бокам расположены связочные бугры, предназначенные для прикрепления мышц и связок. На плантарной поверхности диафиза имеется шероховатость для прикрепления связок. На дистальном эпифизе имеется валикоподобная суставная поверхность, по середине которой прохо-

дит борозда. Средняя фаланга пальцев имеет аналогичное строение с проксимальной, но значительно меньше ее. Дистальная фаланга пальцев имеет проксимальном эпифизе расширенную суставную поверхность, на которой расположены латеральный и медиальный плантраные отростки (processus plantaris lateralis et medialis). На медиальном плантарном отростке имеется осевое и неосевое отверстия плантарного отростка (foramen processus plantaris).

При исследовании топографически ассоциированных артерий стопы с костями данной области у соболя черной пушкинской породы было установлено, что дорсальная артерия стопы (a. dorsalis pedis) начинает свой ход с дорсомедиальной поверхности с параллельно идущим сухожилием длинного разгибателя пальцев. В дальнейшем она спускается на область плюсны, при этом отдавая тоненькие плюсневые артериальные веточки, которые носят названия как II, III, IV дорсальные плюсневые артерии (aa. metatarseae dorsalis II, III, IV). Продолжением этих сосудов будет являться прободающая плюсневая артерия, которая будет питать область плюсневых костей. В дальнейшем дорсальные плюсневые артерии образуют совместный анастомоз с прилегающими артериями, такими как: дорсальные общие пальцевые, плантарные плюсневые. Также прободающая плюсневая артерия с дорсальной поверхности плавно переходит на плантарную в области второй и третьей плюсневых костей и образует артериальную сеть в виде плантарной проксимальной дуги, от которой в стороны пальцев будут отходить три небольших сосудистых веточек в виде II, III, IV плантарных плюсневых артерий (aa. metatarseae plantares II, III, IV). Эти артерии плотно прилегают к костям плюсны между межкостными мышцами и сухожилиями, они образуют анастомозы с общими плантарными пальцевыми артериями. Основная область кровоснабжения – это мякиши и суставы пальцев.

Таблица 1 – Возрастная морфодинамика костей заплюсны соболя черной пушкинской породы

Название кости	Ед. изм	Возраст 15-20 месяцев	Возраст 36-40 месяцев
Общая длина таранной кости	мм	11,35±1,40	13,45±1,30*
Ширина диафиза в средней трети таранной кости	мм	0,35±0,03	0,50±0,05*
Общая длина пяточной кости	мм	17,25±1,70	21,15±2,00*
Ширина диафиза в средней трети пяточной кости	мм	0,50±0,03	0,60±0,05*

** P<0,05 уровень достоверности при сравнении с соболями 15-20 месяцев от рождения.*

Таблица 2 – Возрастная морфодинамика костей плюсны соболя черной пушкинской породы

Название кости	Ед. изм.	Возраст 15-20 месяцев		Возраст 36-40 месяцев	
		Длина	Ширина	Длина	Ширина
I плюсневая кость	мм	20,50±2,30	1,60±0,20	25,60±2,50*	2,00±0,20*
II плюсневая кость	мм	29,30±3,00	1,90±0,20	32,10±3,10*	2,50±0,23*
III плюсневая кость	мм	31,70±3,20	2,10±0,20	35,90±3,50*	2,50±0,25*
IV плюсневая кость	мм	30,70±3,50	2,00±0,20	36,10±3,50*	2,50±0,25*
V плюсневая кость	мм	27,50±2,80	1,80±0,20	32,40±3,10*	2,40±0,25*

** P<0,05 уровень достоверности при сравнении с соболями 15-20 месяцев от рождения.*

Таблица 3 – Возрастная морфодинамика костей пальцев стопы соболя 15-20 месяцев от рождения черной пушкинской породы

Название кости	Проксимальная фаланга		Средняя фаланга		Дистальная фаланга	
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
I палец	–	–	4,95±0,50	1,10±0,20	5,50±0,50	-
II палец	12,00±1,00	1,80±0,20	5,40±0,50	1,40±0,15	5,40±0,50	-
III палец	13,10±1,20	2,10±0,20	6,50±0,60	1,60±0,20	6,10±0,60	-
IV палец	12,90±1,30	2,00±0,20	6,70±0,70	1,70±0,20	6,50±0,60	-
V палец	10,20±1,00	1,70±0,20	5,10±0,50	1,50±0,15	5,40±0,50	-

** P<0,05 уровень достоверности.*

Таблица 4 – Возрастная морфодинамика костей пальцев стопы соболя 36-40 месяцев от рождения черной пушкинской породы

Название кости	Проксимальная фаланга		Средняя фаланга		Дистальная фаланга	
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
I палец	–	-	6,10±0,60*	1,60±0,20*	5,00±0,50*	-
II палец	14,90±1,50*	1,90±0,20*	7,80±0,70*	1,80±0,20*	5,50±0,50*	-
III палец	15,20±1,50*	2,00±0,20*	9,80±0,90*	1,90±0,20*	5,80±0,60*	-
IV палец	15,60±1,50*	2,10±0,20*	12,10±1,20*	1,90±0,20*	6,00±0,60*	-
V палец	12,30±1,10*	1,60±0,17*	7,00±0,70*	1,70±0,15*	5,00±0,50*	-

** P<0,05 уровень достоверности при сравнении с соболями 15-20 месяцев от рождения.*

Таблица 5 – Морфометрические данные артерий области стопы соболя черной пушкинской породы в возрастном аспекте

Название артерии	Ед. изм.	Соболя 15-20 месяцев от рождения	Соболя 36-40 месяцев от рождения
Дорсальная артерия стопы	мм	0,45±0,05	0,75±0,07*
Дорсальные плюсневые артерии	мм	0,30±0,03	0,45±0,05*
Прободающая плюсневая артерия	мм	0,15±0,02	0,25±0,03*
Плантарные плюсневые артерии	мм	0,30±0,03	0,45±0,05*
Латеральная лодыжковая артерия	мм	0,35±0,03	0,55±0,06*
Медиальная лодыжковая артерия	мм	0,30±0,03	0,50±0,05*

** P<0,05 уровень достоверности при сравнении с соболями 15-20 месяцев от рождения.*

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, в результате исследования были определены кости стопы у соболя черной пушкинской породы, а также топографически ассоциированные с ними артерии. Кости заплюсны у черной пушкинской породы соболей образуют тремя ассиметричными рядами (проксимальный, центральный, дистальный) коротких костей, которые расположены между костями голени и плюсны. Кости плюсны у данных животных представлены пятью уплощенно-вытянутыми хорошо развитыми трубчатыми костями. Каждая из пяти костей имеет следующие поверхности (дорсальная, плантарная, медиальная, латеральная). Кости пальцев (ossa digitorum) у соболей черной пуш-

кинской породы представлены пятью пальцами, каждый из которых состоит из трех фаланг (проксимальная, средняя и дистальная), кроме первого. Он состоит из двух фаланг (средняя и дистальная). Основной артерией кровоснабжающей область стопы является дорсальная артерия стопы, которая в дальнейшем многократно делится, питая область плюсны и пальцев. Данные артерии ассоциированны с костями области стопы. Каждая кость, как и артерия имеет свои анатомо-топографические особенности, которые присуще для куньих, в связи образом их ареала обитания.

FOOT BONES AND TOPOGRAPHICALLY ASSOCIATED ARTERIES IN THE SABLE OF THE BLACK PUSHKIN BREED

Yavolovskaya Ya. O. * – Candidate of the Department of Animal Anatomy (ORCID 0000-0000-0002-2533-8708), **Shchipakin M.V.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Animal Anatomy (ORCID 0000-0002-2960-3222); **Bylinskaya D.S.** – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Anatomy (ORCID 0000-0001-9997-5630); **Stratonov A.S.** – Candidate of Doctor of Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Anatomy (ORCID 0009-0007-2976-4820).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

* yavolovskaya94@bk.ru

ABSTRACT

The pelvic limbs give the animal a relative springiness of the body, as well as speed of movement when running and various reactions to the environment. The more active the muscle, the more abundant its blood supply should be. Knowledge of the features of the structure and topography of the pelvic limb skeleton is necessary for a veterinarian who performs not only surgical interventions on this area of the body, but also conducts a veterinary and sanitary examination to determine falsification. The cadaverous material for the study was delivered to the Department of Animal Anatomy of the Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian Academy of Sciences from the fur farming of the Leningrad Region. The objects for this study were the corpses of the black Pushkin sable breed of two age groups: 15-20 months from birth (puberty) and 36-40 months from birth (puberty) in the amount of 10 pieces in each group. To achieve this task, a set of traditional anatomical research methods was used. As a result of the study, the foot bones of the sable of the Black Pushkin breed, as well as the topographically associated arteries, were determined. The flattened bones of the black Pushkin sable breed are formed by three asymmetric rows (proximal, central, distal) of short bones, which are located between the bones of the shin and metatarsal. The metatarsal bones of these animals are represented by five flattened-elongated well-developed tubular bones. Each of the five bones has the following surfaces (dorsal, plantar, medial, lateral). The finger bones (ossa digitorum) of the black Pushkin sable breed are represented by five fingers, each of which consists of three phalanges, except the first. It consists of two phalanges. The main artery supplying the blood to the foot area is the dorsal artery of the foot, which subsequently divides many times, feeding the metatarsal and finger area. These arteries are associated with the bones of the foot area. Each bone, like an artery, has its own anatomical and topographic features that are inherent in martens, due to the way their habitat is.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Рядинская, Н. И. Особенности строения скелета соболя / Н. И. Рядинская, Ю. М. Малофеев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – № 4(20). – С. 25-27. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=14751162

2.Паркалов, И. В. Перспективы клеточного соболеводства и акклиматизация соболя в южном регионе России / И. В. Паркалов // Кролиководство и звероводство. – 2018. – № 4. – С. 39-43. – DOI 10.24418/KIPZ.2018.4.0010. Режим доступа: https://

www.elibrary.ru/item.asp?id=35490510
3.Слесаренко, Н. А. Структурный адаптогенез скелета конечностей животных при различной статолокомоции / Н. А. Слесаренко, Э. К. Гасангусейнова, Е. О. Широкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 5(43). – С. 94-97. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=20518230
4.Щипакин, М. В. Морфометрия бедренной, большеберцовой и малоберцовой костей выдры обыкновенной / М. В. Щипакин, Д. В. Васильев // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сборник трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора, Заслуженного работника Высшей школы РФ, Почётного работника высшего профессионального образования РФ, Почётного профессора Брянской ГСХА, Почётного гражданина Брянской области Егора Павловича Ващекина, Брянск, 24 января 2023 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2023. – С. 351-354. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=50411090
5.Былинская, Д. С. Морфология костей тазовой конечности рыси евразийской / Д. С. Былинская // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2014. – № 1(21). – С. 3-9. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=21251410
6.Былинская, Д. С. Артериальное кровоснабжение свободной тазовой конечности немецкой овчарки / Д. С. Былинская, А. В. Прусаков, Н. В. Зеленевский [и др.] //. Иппология и ветеринария., 2019. – № 2 (32). – С. 106-110. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=37633067
7.Хватов, В. А. Особенности анатомии мышц коленного сустава козы англо-нубийской породы / В. А. Хватов, Д. В. Васильев, Д. С. Былинская, А. С. Стратонов // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ, Санкт-Петербург, 25–29 января 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. – С. 108-110. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=44736454
8.Стратонов, А. С. Васкуляризация области голени и стопы у свиней пород ландрас и йоркшир в сравнительном аспекте / А. С. Стратонов, М. В. Щипакин // Международный вестник ветеринарии. – 2019. – № 2. – С. 111-115.
9.Стратонов, А. С. Васкуляризация области голени и стопы у кошки домашней / А. С. Стратонов // Материалы 65-й юбилейной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГАВМ, Санкт-Петербург, 24–25 марта 2011 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2011. – С. 81-82.
10.Мельников, С. И. Артериальное кровоснабжение области бедра и голени шиншиллы длиннохвостой / С. И. Мельников // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов LIII Международной студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 29 марта 2019 года. Том Часть 1. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2019. – С. 25-28.
11.Шаранова, Е. А. Морфометрические особенности развития тазовой конечности игрунки обыкновенной / Е. А. Шаранова, В. А. Хватов // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10–11 июня 2024 года. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 114-115.
12.Голикова, В. Д. Морфометрия тазовой конечности Ладожской кольчатой нерпы (Pusa hispida ladogensis) / В. Д. Голикова, В. А. Хватов // Ветеринарная медицина и практика: сборник научных статей. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2024. – С. 13-18.
13.Сидоров, И. Д. Некоторые особенности строения тазовой конечности лисицы

обыкновенной / И. Д. Сидоров, В. А. Хватов // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции, посвященной памяти первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова, Нальчик, 18–20 октября 2023 года. – Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, 2023. – С. 396-398.

14.Суязова, И. В. Возрастные особенности артерий пальцев кисти собаки / И. В. Суязова, Н. В. Зеленевский // Актуальные проблемы ветеринарной медицины: сборник научных трудов / Министерство Сельского Хозяйства Российской Федерации, Департамент Научно-Технологической Политики и Образования, Санкт-Петербургская Государственная Академия Ветеринарной Медицины. Том 138. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2006. – С. 30-31.

REFERENCES

1. Ryadinskaya, N. I. Features of the structure of the sable skeleton / N. I. Ryadinskaya, Yu. M. Malofeev // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. – 2008. – № 4(20). – Pp. 25-27. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=14751162

2. Parkalov, I. V. Prospects of cellular sable breeding and acclimatization of sable in the southern region of Russia / I. V. Parkalov // Rabbit breeding and animal husbandry. – 2018. – No. 4. – pp. 39-43. – DOI 10.24418/KIPZ.2018.4.0010. Access mode: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35490510

3. Slesarenko, N. A. Structural adaptogenesis of the skeleton of animal limbs in various statolocomeration / N. A. Slesarenko, E. K. Gasanguseynova, E. O. Shirokova // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. – 2013. – № 5(43). – Pp. 94-97. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=20518230

4. Shchipakin, M. V. Morphometry of the femoral, tibial and fibular bones of the common otter / M. V. Shchipakin, D. V. Vasiliev // Actual problems of intensive development of animal husbandry : a collection of works based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Honorary Professor of the Bryansk State Agricultural Academy, Honorary Citizen of the Bryansk region Egor Pavlovich Vashchekin, Bryansk, January 24, 2023. – Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2023. – pp. 351-354. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=50411090

5. Bylinskaya, D. S. Morphology of pelvic limb bones of the Eurasian lynx / D. S. Bylinskaya // Topical issues of veterinary biology. – 2014. – № 1(21). – Pp. 3-9. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=21251410

6. Bylinskaya, D. S. Arterial blood supply to the free pelvic limb of the German Shepherd / D. S. Bylinskaya, A.V. Prusakov, N. V. Zelenevsky [et al.] //. Hippology and veterinary medicine., 2019. – № 2(32). – Pp. 106-110. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=37633067

7. Khvatov, V. A. Features of the anatomy of the muscles of the knee joint of the Anglo-Nubian goat breed / V. A. Khvatov, D. V. Vasiliev, D. S. Bylinskaya, A. S. Stratonov // Materials of the national scientific conference of the teaching staff, researchers and graduate students of St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, January 25-29, 2021. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2021. – pp. 108-110. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=44736454

8. Stratonov, A. S. Vascularization of the shin and foot area in pigs of Landrace and Yorkshire breeds in a comparative aspect / A. S. Stratonov, M. V. Shchipakin // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2019. – No. 2. – pp. 111-115.

9. Stratonov, A. S. Vascularization of the

shin and foot area in a domestic cat / A. S. Stratonov // Materials of the 65th anniversary scientific conference of young scientists and students of SPbGAVM, St. Petersburg, March 24-25, 2011. – St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2011. – pp. 81-82.
10. Melnikov, S. I. Arterial blood supply to the thigh and shin area of chinchilla longtail / S. I. Melnikov // Actual issues of science and economics: new challenges and solutions: Collection of materials of the LIII International Student Scientific and Practical Conference, Tyumen, March 29, 2019. Volume Part 1. – Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2019. – pp. 25 -28.
11. Sharanova, E. A. Morphometric features of the development of the pelvic limb of the common needle / E. A. Sharanova, V. A. Khvatov // Challenges and innovative solutions in agricultural science: Materials of the XXVIII International Scientific and Production Conference, Maysky, June 10-11, 2024. – Maysky: Belgorod State Pedagogical University, 2024. – pp. 114-115.
12. Golikova, V. D. Morphometry of the pelvic limb of the Ladoga ringed seal (Pusa hispida ladogensis) / V. D. Golikova, V. A. Khvatov // Veterinary medicine and practice: a collection of scientific articles. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2024. – pp. 13-18.
13. Sidorov, I. D. Some features of the structure of the pelvic limb of the common fox / I. D. Sidorov, V. A. Khvatov // Science, education and business: a new look or strategy of integration interaction: A collection of scientific papers based on the materials of the III International Scientific and practical conference dedicated to the memory of the first President of the Kabardino-Balkarian Republic Valery Mukhamedovich Kokov, Nalchik, October 18-20, 2023. Nalchik: Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 2023. – pp. 396-398.
14. Suyazova, I. V. Age-related features of the arteries of the fingers of a dog's hand / I. V. Suyazova, N. V. Zelenevsky // Actual problems of veterinary medicine: collection of scientific papers / Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Department of Scientific and Technological Policy and Education, St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine. Volume 138. – St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2006. – pp. 30-31.

УДК: 616.8-085:636.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.259

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ У СОБАК С НЕЙРОПАТИЯМИ РАЗНОЙ ЭТИОЛОГИИ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Александрова Е.Ю.* – асс. каф. патологической физиологии (ORCID 0009-0002-5469-2105); **Крячко О.В.** – д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. патологической физиологии (ORCID 0000-0002-8996-8522).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*ek.ilicheva.98@gmail.com

***Ключевые слова**: собаки, реабилитация, кинезиотерапия, нервно-мышечный аппарат, ЭНМГ, статодинамические функции, нейропатии.*

***Keywords:** dogs, rehabilitation, rehabilitation in dogs, neuromuscular system, ENMG, static-dynamic functions, neuropathies.*

Поступила: 26.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Работа посвящена качественной и количественной оценке физической реабилитации у собак. Актуальность исследования обусловлена проведением достоверной всесторонней оценки реабилитационных мероприятий для расширения использования реабилитации в протоколах лечения у собак. Исследуемые животные опытной группы имели в анамнезе нейропатии разной этиологии и проходили курс физической реабилитации с оценкой функций нервно-мышечного аппарата. Количественная оценка проводилась с помощью инструментального электрофизиологического метода исследования – стимуляционной электронейромиографии (ЭНМГ). Качественная оценка показателей статодинамических функций оценивалась по следующим показателям: наличие и степень хромоты, гониометрические показатели суставов, оценка походки и статичных поз, качества опорной функции конечностей, качества рефлексных реакций. В результате исследования показано достоверное изменение электрофизиологических показателей при нейропатиях разной этиологии и вместе с тем функций нервно-мышечного аппарата у собак. При этом отмечалось улучшение показателей статодинамических функций. Такие результаты указывают на наличие прямой корреляции улучшения статодинамических клинических показателей с улучшением электрофизиологических показателей, зарегистрированных при ЭНМГ-исследовании. При этом, количественная цифровая оценка при помощи электронейромиографии является более достоверной, чем качественная оценка показателей статодинамических функций, которая во многом зависит от субъективного взгляда оценивающего.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Оценка качества реабилитационных мероприятий является актуальной проблемой как в гуманной, так и в ветеринарной медицине. Физическая реабилитация у мелких домашних животных в настоящее время имеет ограниченное применение и требует расширения доказательной базы для введения в протоколы лечения при травматических, дефицитарных и возрастных дегенеративных патологиях нервно-мышечного аппарата. Вследствие этого, представляется актуальным сравнить методы оценки физической реабилитации у животных для определения достоверного влияния на функцию нервно-мышечного аппарата у собак.

Цель исследования - провести оценку результатов физической реабилитации качественным и количественным методами у собак в сравнительном аспекте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В качестве объекта исследования были использованы 40 собак домашнего содержания с ежедневным двукратным выгулом. Масса животных в обеих группах была от 30 до 50 кг, питание собак осуществлялось промышленными рационами премиум и супер-премиум качества. Животные опытной группы (n=28) были разделены на 3 подгруппы в зависимости от типа нейропатии: травматическая (n=10), дефицитарная (n=10), возрастная или дегенеративная (n=8). В контрольную группу животных (n=10) вошли клинически здоровые собаки без нервно-мышечных повреждений и не участвующие в программе физической реабилитации.

В качестве показателей для оценки статодинамических функций были выбраны: степень выраженности хромоты, степень разгибания суставов в области травматизации, характеристика походки и качества опорной функции конечностей, в том числе симметричность [2,9].

Оценка ходьбы и равновесия проводилась по балльной шкале, где «0» - наихудший результат. Общая максимальная оценка ходьбы – 10 баллов, равновесия – 8 баллов. За основу теста брали шкалу по системе M.E. Tinetti, 1986 с модификацией для оценки у животных.

Оценка равновесия проводилась по следующим показателям:

1.Положение сидя:

А. прислоняется, ищет дополнительную точку опоры (0)

Б. сидит уверено без посторонней помощи (1)

2.Вставание

А. невозможно без посторонней помощи (0)

Б. Возможно самостоятельно (1)

3.Попытки встать

А. Безуспешны без посторонней помощи (0)

Б. Успешны не с первой попытки (1)

В. Возможно встать с первой попытки (2)

4.Равновесие стоя

А. не устойчив (0)

Б. устойчив при дополнительной опоре или с широко расставленными конечностями (1)

В. устойчив в физиологичной позе без дополнительных точек опоры (2)

5.Поворот на 360°

А. переступанием, прерывистыми шагами (0)

Б. непрерывный шаг (1)

В. неустойчиво (0)

Г. устойчиво (1)

Оценка ходьбы проводилась по следующим показателям:

1.Длина и высота шага

1.1Левая нога

А. Не переносит стопу далее правой стопы (0)

Б. Переносит стопу далее правой стопы (1)

В. Нет промежутка между стопой и полом (0)

Г. Имеется явное расстояние между стопой и полом (1)

1.2Правая нога

А. Не переносит стопу далее левой стопы (0)

Б. Переносит стопу далее левой стопы (1)

В. Нет промежутка между стопой и

полом (0)

Г. Имеется явное расстояние между стопой и полом (1)

2.Симметричность шага

А. Шаги правой и левой ноги неодинаковы (0)

Б. Шаги правой и левой ноги одинаковы (1)

3.Непрерывность ходьбы

А. Имеются остановки и паузы между шагами (0)

Б. Непрерывные шаги (1)

4.Оценка походки

А. Бугры пяточных костей порознь (0)

Б. Бугры пяточных костей параллельны во время ходьбы (1)

5.Степень покачивания туловища

А. Выраженное раскачивание туловища или необходимость в посторонней помощи (0)

Б. Отсутствие раскачивания туловища, но дополнительно сгибает конечности в области локтей и коленей (1)

В. Отсутствие раскачивания и дополнительных сгибаний, не требует посторонней помощи (2)

6.Отклонение от линии движения

А. Выраженное отклонение от линии движения (0)

Б. Незначительные отклонения или самостоятельная походка без отклонений от прямой линии движения (1).

Для количественной оценки проведенных мероприятий использовали электронейромиографическое (ЭНМГ) исследование, поверхностным чрезкожным методом стимуляции. Для этого в местах наибольшего интереса, которым, в зависимости от патологии, соответствовали большеберцовый нерв (*n. tibialis*) и малоберцовый нерв (*n. peroneus*), накладывали регистрирующие электроды (активный и референтный) для регистрации импульса, исходящего из стимулирующего электрода для оценки проведения потенциалов по исследуемому нерву и оценки ответа мышечной компоненты в виде регистрации суммарных потенциалов двигательных единиц (ДЕ) [5]. Моторный ответ мышц регистрировался в виде кривой моторного ответа (М-ответа). Супрамаксимальная величина импульса у животных варьировала от 15 до 30 мА [1].

После первичного измерения и оценки клинического статуса животных опытных групп на момент поступления, каждой собаке был составлен индивидуальный план реабилитации, включающий в себя определенный набор упражнений (непосредственно кинезиотерапия), при необходимости назначали диету и медикаментозную терапию. Кинезиотерапия проводилась с определенной периодичностью, как правило 2 раза в неделю, курсом от 2 до 4 месяцев под тщательным контролем ветеринарного специалиста [3].

Все полученные цифровые результаты подвергались статистической обработке в программе Excel-2010 Microsoft Office.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

К статодинамическим функциям относятся движения периферического скелета и головы [9].

В ходе оценки статодинамических показателей у всех животных опытной группы отмечали значительные качественные изменения опорно-двигательного аппарата, которые проявлялись в виде гипотонии мышечного аппарата, в некоторых случаях хромотой I и II степени, которая объяснялась нарушением опорной функции в следствие контрактур суставов, их нестабильности и деформации, болевым синдромом в областях с высокой нагрузкой или в тех структурах, где уже ранее отмечались патологии. При неврологическом исследовании отмечали нарушение поверхностной и глубокой чувствительности, избирательное исчезновение рефлексов.

В ходе ЭНМГ-исследования у животных опытной группы в сравнении с контрольной группой наблюдали снижение как скорости распространения возбуждения (СРВ), так и амплитуды (таблица 1), что говорит о вовлечении в процесс как мышечной, так и нервной компоненты.

После курса кинезиотерапии мы отметили улучшение статодинамических функций в виде снятия болевого синдро-

Таблица 1 – Электрофизиологические показатели у исследуемых животных до курса физической реабилитации (M±m, n=10)

Показатели	контрольная группа (клинически здоровые животные)	I опытная подгруппа	II опытная подгруппа	III опытная подгруппа
Скорость распространения возбуждения (м/с)	48,35±4,21	27,27±1,69*	27,4±0,58*	42,25±2,20
Амплитуда М-ответа (мВ)	8,03±0,20	6,15±0,35	0,56±0,05*	0,70±0,06*
Полифазность	отсутствует	присутствует, может наблюдаться инверсия	присутствует	присутствует
Блок проведения импульса	отсутствует	присутствует	отсутствует	присутствует

** Различия показателей между группами животных статистически достоверны (p≤0,05)*

ма, повышения активности животного и исчезновения хромоты (0 степень), снятия контрактур суставов (увеличение параметров гониометрии), увеличения диапазона движений, что происходило за счет нормализации кровоснабжения и иннервации [8]. Результаты индивидуальной оценки статодинамических функций у собак опытной группы качественным методом представлены в таблице 2.

В результате сравнительной оценки качества кинезиотерапии у исследуемых собак, отмечались в основном позитивные изменения не только клинической картины, но и электрофизиологических показателей.

У собак опытной группы при качественной оценке отмечали снижение болевого синдрома, увеличение гониометрии суставов пораженных конечностей, повышение общей физической активности и выносливости. Вместе с тем увеличилась сила мышечной работы, выражавшаяся в изменении кривой М-ответа, улучшились глубокие и поверхностные рефлексы и общая чувствительность конечностей, т.е. ответ мышц на раздражение нервных окончаний. Достоверно увеличилась СРВ, а также отмечалось снижение выраженности блоков проведения импульса и выраженности полифазии моторного ответа по исследуемым нервам, которые свидетельствовали о несогласованности моторного ответа и непрохождении импульса по нервному волокну [11]. Изменения электрофизиологических показателей у собак опытных групп после курса кинезиотерапии, предложенной в качестве физической реабилитации, отражены в таблице 3.

Таким образом, у исследованных животных после курса кинезиотерапии снизилось проявление изменений дегенеративного характера за счет благоприятного влияния кинезиотерапии на состояние мышечной и нервной тканей, определяющих функциональность опорно-двигательного аппарата.

У животных первой опытной группы достоверно увеличился показатель СРВ по n.tibialis в 1,4 раза (p≤0,05) по n. peroneus в 2 раза (p≤0,05), исчезли блоки проведения импульса, что указывает на улучшение прохождения импульса по исследуемым нервам за счет ремиелизации нервных волокон, подвергшихся частичной локальной демиелизации в результате травмы.

Таблица 2 – Изменение статодинамических показателей в ходе кинезиотерапии у собак

Тип нейропатии	Кличка животного, пол, возраст	Степень хромоты		Гониометрические показатели пораженного сустава		Оценка ходьбы и равновесия	
		до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии	до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии	до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии
Травматические	Зевс, кобель, 5 лет	2	0	Нарушение функции локтевого сустава 3 степени, отсутствие подвижности сустава с фиксацией в положении разгибания	Нарушение функции локтевого сустава 1 степени, сохранена подвижность сгибания сустава не менее чем 120-130°	Ходьба – 4 балла из 10 Равновесие – 4 балла из 8	Ходьба – 9 баллов из 10 Равновесие – 8 баллов из 8
	Терра, сука, 2 года	2	0	Нарушение функции локтевого сустава 3 степени, анкилоз сустава с потерей его подвижности	Нарушение функции локтевого сустава 1 степени, сохранена подвижность сгибания сустава не менее чем 120-130°	Ходьба – 5 баллов Равновесие – 3 балла	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 8 баллов
	Чесс, сука, 3 года	2	1	Нарушение функции тазобедренного сустава 3 степени, анкилоз в функционально выгодном положении	Нарушение функции тазобедренного сустава 1 степени, ограничение амплитуды движений не превышает 20-30 °	Ходьба – 4 балла Равновесие – 3 балла	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 7 баллов
	Гора, сука, 2 года	1	0	Нарушение функции тазобедренного сустава 1 степени: ограничение амплитуды движения в суставе не более 20°	Показатели гониометрии тазобедренного сустава в пределах нормы	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 8 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Глаша, 4 года	0	0	Нарушение функции коленного сустава 1 степени, ограничение амплитуды движения в суставе не более 10°	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 7 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Даша, 3 года	0	0	Нарушение функции коленного сустава 1 степени, амплитуды движения в суставе не более 10°	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 7 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Титан, кобель, 1 год	3	1	Нарушение функции коленного и заплюсневого суставов 4 степени, фиксация в функционально невыгодном положении с развитием анкилоза	Нарушение функции коленного и заплюсневого суставов 3 степени, частичный анкилоз суставов	Ходьба – 1 балл, равновесие – 1 балл	Ходьба – 4 балла, равновесие – 4 балла
	Бардик, кобель, 5 лет	2	1	Нарушение функции коленного сустава 3 степени, с потерей подвижности до 15° от нормы	Нарушение функции коленного сустава 1 степени	Ходьба – 6 баллов, равновесие – 4 балла	Ходьба – 8 баллов, равновесие – 7 баллов

Тип нейропатии	Кличка животного, пол, возраст	Степень хромоты		Гониометрические показатели пораженного сустава		Оценка ходьбы и равновесия	
		до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии	до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии	до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии
Травматические	Николь, сука, 3 года	0	0	Нарушение функции коленного сустава 1 степени, сохранена амплитуда движений в пределах не менее 50 ° от функционально выгодного положения	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 7 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Брукс, кобель, 4 года	1	1	Нарушение функции коленного сустава 1 степени, сохранена амплитуда движений в пределах не менее 50 ° от функционально выгодного положения	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 6 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 9 баллов Равновесие – 8 баллов
Дефицитарные	Кира, сука, 8 месяцев	1	0	Ограничение амплитуды движения суставов конечностей не превышает 20-30°	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 7 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Шрутги, кобель, 4 месяца	2	0	Амплитуда движений суставов конечностей сохранена в пределах 30-40° от физиологических значений	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 6 баллов Равновесие – 5 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Мия, сука, 8 месяцев	1	0	Ограничение амплитуды движения суставов конечностей не превышает 20-30°	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 7 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Салли, сука, 6 месяцев	1	0	Ограничение амплитуды движения суставов конечностей не превышает 20-30°	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 7 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Квентин, кобель, 9 месяцев	0	0	Ограничение амплитуды движения суставов конечностей не превышает 20°	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Ричард, кобель, 10 месяцев	1	0	Амплитуда движений суставов конечностей сохранена в пределах 30-40° от физиологических значений	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 7 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов

Тип нейропатии	Кличка животного, пол, возраст	Степень хромоты		Гониометрические показатели пораженного сустава		Оценка ходьбы и равновесия	
		до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии	до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии	до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии
Дефицитарные	Кори, сука, 8 месяцев	0	0	Ограничение амплитуды движения суставов конечностей не превышает 20°	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Линда, сука, 10 месяцев	0	0	Ограничение амплитуды движения суставов конечностей не превышает 20°	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Зося, сука, 9 месяцев	1	0	Амплитуда движений суставов конечностей сохранена в пределах 30-40° от физиологических значений	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 7 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Кеша, сука, 5 месяцев	2	0	Амплитуда движений суставов конечностей сохранена частично, не более 50° отклонения от физиологических значений	Показатели гониометрии коленного сустава в пределах нормы	Ходьба – 6 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 7 баллов
Дегенеративные (возрастные)	Добрыня, кобель, 10 лет	3	1	Нарушение функции коленного сустава 3 степени, с потерей подвижности до 15° от нормы	Нарушение функции коленного сустава 1 степени	Ходьба – 6 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 8 баллов
	Балу, кобель, 8 лет	2	1	Вальгусная деформация костей предплечья, нарушение функций локтевого и запястного сустава 3 степени, наличие анкилоза локтевого и запястного суставов	Амплитуда движений суставов конечностей сохранена в пределах 30-40° от физиологических значений	Ходьба – 5 баллов Равновесие – 5 баллов	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 8 баллов
	Чарли, сука, 8 лет	2	1	Амплитуда движений суставов конечностей сохранена в пределах 30-40° от физиологических значений	Ограничение амплитуды движения суставов конечностей не превышает 20°	Ходьба – 7 баллов Равновесие – 8 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Гуччи, кобель, 10 лет	1	0	Ограничение амплитуды движения суставов конечностей не превышает 20°	Показатели гониометрии суставов конечностей в пределах физиологической нормы	Ходьба – 8 баллов Равновесие – 7 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов

Тип нейропатии	Кличка животного, пол, возраст	Степень хромоты		Гониометрические показатели пораженного сустава		Оценка ходьбы и равновесия	
		до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии	до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии	до курса кинезиотерапии	после курса кинезиотерапии
Дегенеративные (возрастные)	Марта, сука, 8 лет	2	0	Амплитуда движений суставов конечностей сохранена частично, не более 50° отклонения от физиологических значений	Показатели гониометрии суставов конечностей в пределах физиологической нормы	Ходьба – 6 баллов Равновесие – 7 баллов	Ходьба – 10 баллов Равновесие – 8 баллов
	Элай, кобель, 9 лет	2	1	Амплитуда движений суставов конечностей сохранена частично, не более 50° отклонения от физиологических значений	Ограничение амплитулы движения суставов конечностей не превышает 20°	Ходьба – 7 баллов Равновесие – 5 баллов	Ходьба – 9 баллов Равновесие – 8 баллов
	Мафин, кобель, 8 лет	2	1	Нарушение функции тазобедренного сустава 3 степени, анкилоз в функционально выгодном положении. Уменьшение угла антеторсии бедренной кости, коксартроз сустава	Ограничение амплитулы движения суставов конечностей не превышает 20°	Ходьба – 6 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 9 баллов Равновесие – 8 баллов
	Берг, кобель, 8 лет	3	1	Нарушение функции тазобедренного сустава 3 степени, анкилоз в функционально выгодном положении	Ограничение амплитулы движения суставов конечностей не превышает 20°	Ходьба – 7 баллов Равновесие – 6 баллов	Ходьба – 9 баллов Равновесие – 7 баллов

0 – хромота отсутствует во время движения и в покое; отсутствие боли при манипуляциях с суставами;
1 – хромота отсутствует во время движения (или появляется после длительной нагрузки); во время покоя животное принимает вынужденную позу; незначительный дискомфорт при манипуляциях с суставами или конечностью;
2 – непостоянная хромота, появляющаяся после нагрузки; умеренный болевой синдром при манипуляциях с конечностью или суставами;
3 – постоянная хромота во время движения; сильный болевой синдром при манипуляциях с конечностью или суставами;
4 – сильная хромота, отсутствие полноценной опоры на поражённую конечность; выраженный болевой синдром.

Таблица 3 – Влияние кинезиотерапии на основные электрофизиологические показатели при нейропатиях разной этиологии у собак (M±m, n=10)

Показатели	Группы животных					
	I опытная		II опытная		III опытная	
	до	После	до	после	до	после
Амплитуда М-ответа *n. tibialis* (мВ)	7,97±0,18	7,98±0,21	0,69±0,05	3,10±0,09*	1,04±0,09	3,39±0,65*
Амплитуда М-ответа *n. peroneus* (мВ)	8,87±0,92	8,80±0,75	0,47±0,09	3,27±0,83*	0,37±0,04	0,86±0,10*
Скорость распространения возбуждения (СРВ) *n. tibialis* (м/с)	29,75±1,39	42,62±2,06*	29,12±1,15	50,71±1,32*	42,25±2,20	46,87±2,97
Скорость распространения возбуждения (СРВ) *n. peroneus* (м/с)	22,71±2,06	47,23±4,01*	25,05±1,31	47,80±1,89*	45,37±2,12	48,17±2,5

** Различия показателей у опытных групп до и после курса кинезиотерапии статистически достоверны (p≤0,05)*

У животных второй опытной группы достоверно увеличились показатели амплитуды М-ответа n.tibialis в 4,5 раза (p≤0,05), а n. peroneus в 7 раз (p≤0,05), СРВ по n.tibialis в 1,7 раз (p≤0,05) и по n. peroneus в 1,9 раз (p≤0,05), что указывает на восстановление аксонального транспорта по нервному волокну и восстановлении миелиновой оболочки нервов.

У животных третьей опытной группы достоверно увеличилась амплитуда М-ответа ответа n. tibialis в 3,2 раза (p≤0,05), а n. peroneus в 2,3 раза (p≤0,05), исчезли блоки проведения импульса и снизилась степень полифазности моторного ответа, что говорит о восстановлении количества двигательных единиц в иннервируемых мышцах, а также согласованности М-ответа в ответ на возбуждение.

Электрофизиологические изменения, характеризующие функции нервно-мышечного аппарата, коррелировали с улучшением клинической картины у животных в опытных группах: общее увеличение двигательной сферы и тонуса организма выражавшееся в расширении двигательного режима, увеличением уровня комфортных нагрузок и вследствие этого выносливости опытных групп животных, увеличение мышечной массы и силы мышц, измеряющееся в увеличение обхвата окружности бедра, икр, предплечья, увеличение гониометрического показателя активного сгибания и разгибания суставов в сравнении со здоровой конечностью [12], снижение асимметрии в статике и движении между поврежденной конечностью или конечностями и здоровыми аналогичными структурами.

В то время как у контрольных групп животных, без дополнительной физической активности, изменений электрофизиологических показателей и клинической картины не отмечали.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, в ходе качественной и количественной оценки влияния физической реабилитации на состояние нервно-мышечного аппарата у собак с нейропатиями различной этиологии было установлено, что физическая реабилитация оказывает положительное влияние на функции нервно-мышечного аппарата,

характеризующимися не только улучшением показателей статодинамических функций, но и достоверным изменением электрофизиологических показателей, определяемых при ЭНМГ. Следовательно, ЭНМГ является объективным методом оценки состояния функции нервно-мышечного аппарата у собак при нейропатиях разной этиологии по сравнению с качественными показателями, зависящими от субъективности исследователя.

COMPARISON OF METHODS FOR ASSESSING THE QUALITY OF REHABILITATION MEASURES BY INDICATORS OF STATODYNAMIC FUNCTIONS AND EMG STUDIES IN DOGS

Aleksandrova E.Y.* – assistant of the Department of Pathophysiology (ORCID 0009-0002-5469-2105), **Kryachko O.V.** – doctor of veterinary sciences, professor, Head of the Department of Pathophysiology (ORCID 0000-0002-8996-8522)

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russia

*ek.ilicheva.98@gmail.com

ABSTRACT

The work is devoted to the qualitative and quantitative assessment of physical rehabilitation in dogs. The relevance of the study is due to the need for a reliable comprehensive assessment of rehabilitation measures to expand the use of rehabilitation in treatment protocols for dogs. The animals in the experimental group had a history of neuropathies of various etiologies and underwent a course of physical rehabilitation with an assessment of the functions of the neuromuscular apparatus. Quantitative assessment was carried out using an instrumental electrophysiological research method - stimulation electroneuromyography (ENMG). Qualitative assessment of the indicators of statodynamic functions was assessed by the following indicators: the presence and degree of lameness, goniometric indicators of joints, assessment of gait and static postures, quality of the support function of the limbs, quality of reflex reactions. The study showed a reliable change in electrophysiological indicators in neuropathies of various etiologies and, at the same time, in the functions of the neuromuscular apparatus in dogs. At the same time, an improvement in the indicators of statodynamic functions was noted. Such results indicate the presence of a direct correlation between the improvement of statodynamic clinical parameters and the improvement of electrophysiological parameters recorded during the ENMG study. At the same time, the quantitative digital assessment using electroneuromyography is more reliable than the qualitative assessment of statodynamic function parameters, which largely depends on the subjective view of the assessor.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Александрова, Е. Ю. Адаптация методики проведения стимуляционной электронейромиографии по моторным волокнам у собак на примере исследования N.tibialis / Е. Ю. Александрова, О. В. Крячко // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны : Материалы X юбилейной международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной году науки и технологий, Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. – С. 13-14.

2. Бородулин, С.Н. Применение интегрального показателя для оценки нарушения статодинамической функции у больных с деформирующим остеоартрозом коленного сустава / С.Н. Бородулин, В.А. Братчикова, В.В. Карягин, А.П. Ачимов // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. 2012. №1. – с. 52-55

3. Керницкая, Т. В. Новые методики физической реабилитации / Т. В. Керницкая, Л. Б. Шагаева, М. И. Базарсадуева // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН: 2009. № 3. — С. 335–336.

4. Ким, Я. В. Реабилитация больных с поражениями нервной системы (обзор литературы) // Вестник АГИУВ: 2013. №3. – с. 90-93

5. Кольцова, Е.А. Методы функциональ-

ной диагностики в неврологии: учебное пособие / под редакцией Е.А. Кольцовой. – М: ГЭОТАР-Медиа, 2023. – 144 с.
6. Команцев, В.Н. Методические основы клинической электронейромиографии. Руководство для врачей // В.Н. Команцев, В.А. Заболотных. – СПб: 2006. – 362 с.
7. Патологическая физиология животных. Общая нозология. Типовые патологические процессы / О. В. Крячко, Л. А. Лукоянова, В. Н. Гапонова [и др.]. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – 151 с.
8. Патологическая физиология органов и систем: Учебно-методическое пособие / О. В. Крячко, Л. А. Лукоянова, К. А. Анисимова [и др.]. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – 99 с.
9. Парамонова Д.Б., Мугерман Б.И. Лечебная физкультура и массаж в восстановлении статодинамических функций у детей с атонически-астатической формой детского церебрального паралича. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2012. – с. 37-40.
10. Саковец, Т. Г., Богданов, Э. И. Болевые нейропатии: этиология, патогенез, клинические проявления // ПМ, 2013. - №1-2 (69). – с. 96-100
11. Санадзе, А.Г. Клиническая электромиография для практических неврологов / А.Г. Санадзе, Л.Ф, Касаткина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР Медиа, 2022. – 80 с.
12. Хабова, З.С., Фетисов, В.А. Значение использования данных гониометрии в решении вопросов установления тяжести вреда, причиненного здоровью пострадавших с травмами голеностопного сустава. Судебно-медицинская экспертиза: 2013. - 56(4). – с. 35-37
13. Preston, D.C., Shapiro, B.E. Electromyography and neuromuscular disorders. 3rd ed. Elsevier Health Sciences, 2013 - Pp. 644
14. Tankisi, H., Burke, D., Cui, L. et al. Standards if instrumentation if EMG. Clin. Neurophysiol. 2020. No. 131 (1) - Pp. 243-258
15. Williams, K.A. Raj's Practical Management of Pain (Fourth Edition)/K. A. Williams, R. W. Hurley, E. E. Lin, C. L. Wu, Mosby: 2008, p. 427-443, doi.org/10.1016/B978-032304184-3.50024-8.

REFERENCES

1. Aleksandrova, E. Y. Adaptation of the method of stimulating electroneuromyography by motor fibers in dogs on the example of the study of n.tibialis / E. Y. Aleksandrova, O. V. Kryachko // Knowledge of the young for the development of veterinary medicine and the agro-industrial complex of the country: Materials of the X anniversary International scientific conference of students, postgraduates and young scientists dedicated to the Year of Science and Technology, St. Petersburg-St. Petersburg, November 23-24, 2021. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2021. – pp. 13-14. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47481010 (In Russ.)
2. Borodulin, S.N. The use of an integral indicator to assess violations of statodynamic function in patients with deforming osteoarthritis of the knee joint / S.N. Borodulin, V.A. Bratchikova, V.V., Karyagin, A.P. Achimov // Medical and social expertise and rehabilitation. 2012. No. 1. – pp. 52-55. (In Russ.)
3. Kernitskaya, T. V. New methods of physical rehabilitation / T. V. Kernitskaya, L. B. Shagaeva, M. I. Bazarsadueva // Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences: 2009. No. 3. — pp. 335-336. (In Russ.)
4. Kim, Ya. V. Rehabilitation of patients with lesions of the nervous system (literature review) // Bulletin of the AGIU: 2013. No.3. – pp. 90-93. (In Russ.)
5. Koltsova, E.A. Methods of functional diagnostics in neurology: a textbook / edited by E.A. Koltsova. – Moscow: GEOTAR-Media, 2023. – 144 p. (In Russ.)
6. Komantsev, V.N. Methodological foundations of clinical electroneuromyography. Guidelines for doctors // V.N. Komantsev,

V.A. Zabolotnykh. – St. Petersburg: 2006. – 362 p. (In Russ.)
7. Pathological Physiology of animals. General Nosology. Typical pathological processes / O.V. Kryachko, L.A. Lukoyanova, V.N. Gaponova, K.A. Anisimova, A.P. Shafiev; Ministry of Agriculture of the Russia Federation, FSBEI HE SPbSUVM. – Saint-Petersburg: Publishing House of SPbSUVM, 2022. – 151 c. – EDN OGAIQR. (In Russ.)
8. Pathological physiology of organs and systems: Educational and methodical manual / O. V. Kryachko, L. A. Lukoyanova, K. A. Anisimova [et al.]. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2022. - 99 p. - EDN MEUCGU. (In Russ.)
9. Paramonova D.B., Mugerman B.I. Therapeutic physical education and massage in restoring statodynamic functions in children with atonic-astatic cerebral palsy. Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical education. 2012. – pp. 37-40. (In Russ.)
10. Sakovets, T. G., Bogdanov, E. I. Painful neuropathies: etiology, pathogenesis, clinical manifestations // PM, 2013. - №1-2 (69). – pp. 96-100. (In Russ.)
11. Sanadze, A.G. Clinical electromyography for practical neurologists / A.G. Sanadze, L.F., Kasatkina. – 3rd ed., reprint. and additional – M.: GEOTAR Media, 2022. – 80 p. (In Russ.)
12. Khabova, Z.S., Fetisov, V.A. The importance of using goniometry data in solving issues of determining the severity of harm caused to the health of victims with ankle injuries. Forensic medical examination: 2013. - 56(4). – c. 35-37. (In Russ.)
13. Preston, D.C., Shapiro, B.E. Electromyography and neuromuscular disorders. 3rd ed. Elsevier Health Sciences, 2013 - Pp. 644
14. Tankisi, H., Burke, D., Cui, L. et al. Standards if instrumentation if EMG. Clin. Neurophysiol. 2020. No. 131 (1) - Pp. 243-258
15. Williams, K.A. Raj's Practical Management of Pain (Fourth Edition)/K. A. Williams, R. W. Hurley, E. E. Lin, C. L. Wu, Mosby: 2008, p. 427-443, doi.org/10.1016/B978-032304184-3.50024-8.

УДК: 636.5: 611.73.013
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.271

ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ЧЕТЫРЕХГЛАВОЙ МЫШЦЫ БЕДРА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССА «СМЕНА-9» ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАЦИОНАХ КОРМЛЕНИЯ

Степанишин В.В.[1*] – канд. биол. наук, доц., доц. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова; **Позябин С.В.**[1] – д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. ветеринарной хирургии; **Борхунова Е.Н.**[1] – д-р биол. наук, доц., зав. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова; **Козлова М.А.**[2] – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории патологии клетки, заведующая группой электронной микроскопии Референс-центра инфекционной и вирусной онкопатологии; **Кузнецова М.А.**[1] – асс. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова; **Пашина Н.Р.**[1] – канд. биол. наук, доц., асс. кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова.

[1] ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина»;
[2] НИИ морфологии человека им. акад. А.П. Авцына ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского».

*stepanishin.victor@yandex.ru

Ключевые слова: *четырехглавая мышца бедра, бройлер, гистология, трансмиссионная электронная микроскопия, микроморфометрия, пробиотик, пребиотик, сорбент.*

Keywords: *quadriceps femoris, broiler, histology, transmission electron microscopy, micromorphometry, probiotic, prebiotic, sorbent.*

Поступила: 10.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты исследований гистологических и ультраструктурных характеристик четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров кросса Смена-9 на 35-е сутки постэмбрионального онтогенеза при использовании кормовых добавок (пробиотик, пребиотик, сорбент) отечественного производства в дополнение к основному рациону кормления. Работа реализована в рамках тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по государственному заказу Минсельхоза России (Соглашение от 30.01.2023 № 082-03-2023-238) по теме: «Разработка теоретических основ и методологии практического использования морфологических критериев в оценке качества и безопасности продукции птицеводства». Показано, что на фоне применения кормовых добавок происходит увеличением веса цыплят. При этом микроструктура прямой головки четырехглавой мышцы бедра птиц контрольной и опытных групп, сохраняя общий план строения (наличие мышечного и соединительнотканного компонентов, пуч-

ковая организация), неодинакова. На основании исследований методом световой и трансмиссионной электронной микроскопии показано, что признаки морфологической зрелости скелетной мышечной ткани наиболее выражены при использовании пробиотика, в случае применения пребиотика и сорбента мышечные волокна растут менее синхронно, что проявляется вариабельностью их толщины. Толщина мышечных волокон, их пучков, состояние митохондриального аппарата, плотность упаковки миофибрилл и их толщина, степень развития эндомизия и перимизия и наличия белой жировой ткани могут явиться объективными морфологическими и морфометрическими критериями для оценки состояния мышечной ткани, которое коррелирует со вкусовыми качествами мяса птицы. Данные о структурной организации четырехглавой мышцы нового отечественного кросса расширяют теоретическую базу в области миологии сельскохозяйственных птиц, в том числе в плане выявления морфологических признаков реализации генетического потенциала на фоне применения разных рационов кормления в технологии выращивания кур, что позволяет оперативно оценить эффективность технологии выращивания кур и прогнозировать повышение продуктивности.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Согласно отчету Rabobank Global Poultry Quarterly Q3, ситуация на продовольственных рынках начинает стабилизироваться после четырехлетнего кризиса, что в значительной степени связано с увеличением потребления мяса птицы и ростом предложения. Одной из ключевых причин восстановления является рост потребления мяса птицы, который, по прогнозам, составит от 1,5% до 2%. Это связано с улучшением покупательской способности потребителей, особенно в развивающихся странах. В Юго-Восточной и Южной Азии наблюдается активный рост спроса на продукцию птицеводства с добавленной стоимостью. Потребители становятся более избирательными и готовы платить больше за качественные продукты, что открывает новые возможности для производителей [2, 10, 18, 20].

По данным информационных систем Россельхознадзора "ВетИС" и "АргусФито", по итогам шести месяцев 2024 года по сравнению с аналогичным периодом прошлого года российские производители увеличили объем поставок за границу животноводческой продукции, в частности, по итогам первого полугодия экспорт мяса и пищевых субпродуктов птицы составил 172,4 тыс. тонн. Для наращивания темпов экспорта продукции птицеводства за рубеж и обеспечения населения России качественными продуктами питания, необходимо полностью реализовать стратегию технологического суверенитета на каждом из этапов производства продукции в отраслях сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности [1, 2, 3, 19].

Одним из приоритетных направлений развития сельского хозяйства на сегодняшний день признано создание отечественных конкурентоспособных мясных кроссов кур бройлерного типа. Во исполнение Указа № 350 и Постановления Правительства № 996 была разработана и утверждена от 28 мая 2020 г. № 782 подпрограмма «Создание отечественного конкурентоспособного кросса мясных кур бройлерного типа», целью которой является разработка и коммерциализация отечественного конкурентоспособного кросса мясных кур бройлерного типа, которая включает в себя как меры поддержки научных и образовательных организаций в части проведения научных исследований, так и сельхозтоваропроизводителей, которые будут продвигать отечественный кросс на рынке птицы. Одно из существенных отличий нового отечественного кросса «Смена-9» от конкурентов – его адаптированность к российским условиям и устойчивость к различным стрессам. Высокий генетический потенциал и преимущества позволяют широко использовать его на птицеводческих предприятиях в различных регионах России [11, 14, 15].

Морфологическая и структурная оценка органов и систем, используемых в качестве продуктов и субпродуктов потребителями, представляет собой серьезную

научную перспективу для оценки нового отечественного кросса цыплят-бройлеров [6, 7, 8, 9]. Так в структуре скелетной мышечной ткани размер и количество мышечных волокон, композиция и распределение соединительной ткани, а также содержание внутримышечного жира играют роль в определении внешнего вида мяса, консистенции, цвета, нежности, сочности, вкуса и пищевой ценности продукта [12]. Особенную важность вопросы структурного и ультраструктурного контроля скелетной мускулатуры приобретают в связи с использованием в технологии выращивания цыплят-бройлеров различных кормовых добавок, выступающих как стимуляторы роста и продуктивности животных, а также как альтернатива антибактериальным препаратам, использование которых ставит преграду при осуществлении экспорта продукции на международные рынки [13, 23-27]. Несмотря на то, что в доступной научной литературе представлено достаточное количество работ, посвященных изучению кормовых добавок на цыплятах-бройлерах, а также данных о гистологическом строении органов и систем при использовании разных рационов кормления, на сегодняшний день отсутствуют сведения о комплексной оценке структуры мышечной ткани новых отечественных кроссов в связке с алиментарным фактором [16, 17, 21]. Учитывая вышеизложенное, изучение особенностей структурной организации скелетной мускулатуры отечественного кросса цыплят-бройлеров при использовании в рационе различных кормовых добавок представляет актуальную научную проблему, решение которой имеет важное социально-экономическое значение для страны. Цель исследования – выявить особенности микроструктуры и микроморфометрических показателей четырехглавой мышцы цыплят-бройлеров кросса «Смена-9», выращенных на основном рационе и при использовании разных кормовых добавок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Работа выполнена в рамках тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по государственному заказу Минсельхоза России (Соглашение от 30.01.2023 №082-03-2023 -238) по теме: «Разработка теоретических основ и методологии практического использования морфологических критериев в оценке качества и безопасности продукции птицеводства». Научные исследования были проведены на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, исследования методом трансмиссионной электронной микроскопии реализованы в лаборатории патологии клетки НИИ морфологии человека им. акад. А.П. Авцына ФГБНУ "РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского". Все манипуляции с лабораторными животными проводили согласно Директиве 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 22 сентября 2010 г. по охране животных, используемых в научных целях. Объектом исследования были выбраны цыплята-бройлеры кросса «Смена-9», выращенные в условиях клеточного содержания в виварии. Возраст исследуемой птицы – 35 суток. Во всех группах параметры микроклимата, условия содержания, плотность посадки, фронт кормления и поения были одинаковыми, соответствующими нормам ФНЦ «ВНИТИП» РАН (2013) и руководству по выращиванию кросса мясного кросса «Смена 9» под общей редакцией академика РАН В.И. Фисинина (2021).

Цыплят подразделяли на 4 группы (по 25 птиц в каждой): «Контроль», «Пробиотик», «Пребиотик», «Сорбент». В группе «Контроль» цыплята-бройлеры получали полнорационный комбикорм согласно периоду выращивания. На протяжении всего периода выращивания к полнорационному комбикорму птице группы «Пребиотик» добавляли пребиотик «Ньюмит» в дозировке 0,5 г/кг корма, птице группы «Пробиотик» - пробиотик «Бифидонол» в дозировке 0,5 г/кг, птице группы «Сорбент» - добавку «Сорбент Эко» в дозировке 2 г/кг.

Перед выведением из эксперимента

птицу взвешивали, определяя живую массу на торсионных весах с точностью до 1 г. После выведения из опыта (путем декапитации) взвешивали изолированное бедро с расположенными на нем мышцами на лабораторных электронных весах ВЛТЭ-510 (ГОСТ OIMLR 76-1-2011).

Материал для гистологических исследований отбирали сразу после убоя и фиксировали в 10%-м растворе нейтрального формалина в течение 24-х часов. После промывки в проточной образцы мышц обезвоживали в дегидратирующем растворе «Изопреп» и заливали в парафин по общепринятой методике. Изготовление гистологических срезов осуществляли с помощью микротома LEICA RM 2235. Срезы толщиной 4-5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Микропрепараты изучали с помощью микроскопов Microscreen и Jenamed-2, совмещенных с цифровой системой визуализации объектов для реализации микрофотосъемки объектов и программой анализа цифрового изображения ImageScope 4.0. Цифровой материал подвергали статистической обработке с помощью программы Statistica 8.1 (Statsoft). Для выявления отличительных количественных характеристик мышц использовали критерий Краскела-Уоллеса, различия считали значимыми при значении $p \leq 0,05$.

Для исследования методом трансмиссионной электронной микроскопии образцы поверхностной грудной мышцы размером 2 мм^3 фиксировали 2,5-% раствором глутарового альдегида на фосфатном буфере (pH 7,4), дофиксировали в 1-% растворе тетраоксида осмия (OsO_4), обезвоживали в этаноле по общепринятой схеме, в процессе обезвоживания контрастировали 1-% уранилацетатом на 70-% этаноле и проводили заливку в смесь эпон –аралдит по стандартной методике (Dey, P. (2022). Ультратонкие срезы получали на ультратоме LKB-III (LKB Produkter, Швеция), дополнительно контрастировали цитратом свинца по Рейнольдсу и просматривали в просвечивающем электронном микроскопе JEM-100CX (JEOL, Япония). Фотофиксация препаратов на увеличении ×14000 (площадь поля зрения 100 мкм^2) осуществлялась с помощью камеры Gatan ES500W Erlangshen (Model 782), (Gatan Inc., США). Полученные снимки с увеличением использовались для проведения морфометрического исследования толщины и плотности расположения миофибрилл, определения плотности расположения, размера и количества митохондрий. Эти показатели отражают интенсивности метаболических и биосинтетических процессов в мышечных волокнах. При морфометрических исследованиях изображений, полученных методом трансмиссионной электронной микроскопии. использовали программный комплекс Fiji, построенный на базе программы ImageJ v2 с соответствующими плагинами. Измерения проводили в микрометрах после предварительной геометрической калибровки по оцифрованной при том же увеличении шкале. Статистическую обработку результатов выполняли в программе GraphPad Prism v8.41 (США). Для выявления нормальности распределения использовали тест Д'Агостино-Пирсона. При нормальном распределении использовали t-тест Стьюдента для парного сравнения и тест Тьюки для сравнения трёх и более групп. Различия групп исследования с контрольной оценивали с помощью теста Даннета. При ненормальном распределении использовали тест Манна-Уитни для парного сравнения и тест Данна для сравнения трёх и более групп. Статистически значимыми считали различия при уровне статистической значимости (α) или вероятности ошибки отклонения от нулевой гипотезы или ниже 5% ($p < 0,05$). При построении графиков изображали арифметическое среднее и стандартное отклонение. Силу различий обозначали следующим образом: «*» соответствует $p < 0,05$; «**» – $p < 0,005$; «***» – $p < 0,0005$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исследования живой массы цыплят позволяет определить один из основных показателей, который учитывается при селекции и технологии выращивания продуктивных сельскохозяйственных живот-

ных. В возрасте 35-ти суток максимальное значение показателя живой массы выявлено в группе «Пробиотик»: оно составило 2370,14±19,16 г, что превышает контрольные значения на 185 г. В группах «Пребиотик» и «Сорбент» отмечено увеличение показателя массы в сравнении с контрольной группой на 119 г и 86 г, соответственно (таблица 1). Это свидетельствует о превышении целевых значений данного показателя при использовании изучаемых кормовых добавок.

Таблица 1 – Живая масса цыплят-бройлеров кросса Смена-9 на 35-е сутки, г. Me (Q_1÷Q_3)

Показатель	Группы			
	«Контроль» n=25	«Пребиотик» n=25	«Пробиотик» n=25	«Сорбент» n=25
Живая масса, г	2183 (2110÷2207)	2302* (2281÷2330)	2370* (2350÷2397)	2269* (2245÷2293)

** Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы (p≤0,05).*

Таблица 2 – Характеристика мышц бедра на кости бройлеров Смена-9 по весовым показателям, г. Me (Q_1÷Q_3)

Показатель	Группы			
	Контроль n=25	Д1 n=25	Д2 n=25	Д3 n=25
Вес бедра на кости, г	108 (96÷115)	164 (158÷178) *	105 (103÷111)	121 (110÷135)

*** Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы (p≤0,05).*

Таблица 3 – Микроморфометрические характеристики четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров кросса Смена-9 при разных рационах кормления, Me (Q_1÷Q_3)

Группа птиц	Толщина мышечных волокон, мкм	Толщина пучков мышечных волокон, мкм		Толщина соединительно-тканных структур, мкм		Кол-во гемокапилляров в перимизии
		1 порядка	2 порядка	эндомизий	перимизий	
«Контроль» n=25	крупные 23,7 (20,4÷26,7) средние 13,5 (11,2÷15,2)	89,7 (87,2÷100)	223 (187÷267)	4,9 (3,4÷6,1)	22,4 (17,6÷25,4)	17 (15÷19)
«Пребиотик» n=25	крупные 26,2 (21,5÷32,7) средние 18,6 (13,7÷23,2) малые 8,5 (6,5÷10,3)	193,6* (159÷238)	386* (338÷414)	6,4 (4,4÷7,8) и 11,1* (8,1÷14,5)	24,8 (19,8÷29,4)	20 (18÷21)
«Пробиотик» n=25	30,7 (25,2÷33,5)	96 (84÷126)	256 (186,2÷348)	6,2 (4,1÷7,9)	35,5 (25,2÷43,1)	16 (13÷18)
«Сорбент» n=25	крупные 50,4 (40,3÷61,2) средние 26,9 (21,1÷32,4)	87,5 (78,4÷96,3)	257 (222÷275)	3,1 (2,4÷3,6) и 5,8 (4,8÷7,3)	45,4* (40,3÷51,2) встречаются прослойки до 150 мкм толщиной, содержащие белую жировую ткань	22 (18÷25)

** Статистически значимые отличия в значениях групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы (p≤0,05).*

Вес мышц бедра (с бедренной костью) был максимален в группе «Пребиотик», минимален в контрольных образцах и группе «Пробиотик», группа «Сорбент» занимала промежуточное положение по данному показателю (таблица 2).

Светомикроскопические исследования прямой головки четырехглавой мышцы бедра показали сходство ее микроструктуры во всех исследуемых группах: так, мышечные волокна были тонкими (тоньше, чем в поверхностной грудной мышце той же птицы [11], при этом эндомизий и перимизий хорошо выражены, в результате чего пучки мышечных волокон отличаются рыхлой упаковкой (рисунки 2-9).

При сравнительной оценке гистологических и микроморфометрических характеристик изучаемой мышцы показано, что толщина мышечных волокон в исследованных группах была вариабельной. Так, в группах «Контроль» и «Пребиотик» хорошо различимы толстые волокна и волокна средней толщины, их морфометрические показатели не имеют отличий. В то же время в группе «Пробиотик» волокна были мономорфны (рисунки 4-7, таблица 3), а их толщина соответствовала таковой толстым волокнам в группах «Контроль» и «Пребиотик». В группе «Сорбент» отчетливо различимы три категории волокон: толстые (их толщина вдвое превышает таковую волокон групп «Пробиотик» и толстых волокон групп «Контроль» и «Пребиотик»), средние (по толщине соответствуют толстым волокнам групп «Контроль» и «Пребиотик») и тонкие (таблица 3).

Выявленные различия могут быть связаны, на наш взгляд, с неодинаковой реализацией ростовых процессов в изучаемой мышце на фоне применения кормовых добавок. По-видимому, более активно ростовые процессы происходят в группе «Пробиотик», в результате чего к сроку убоя (35 суток) в структуре мышцы обнаруживаются преимущественно сформировавшиеся, закончившие рост мышечные волокна значительной толщины. Вариабельность толщины волокон в группах «Контроль», «Пребиотик» и особенно – в группе «Сорбент» могут указывать на продолжающийся рост мышечных волокон: так, толстые мышечные волокна соответствуют сформированным, а тонкие и средние – формирующимся. Можно полагать, что более зрелым, качественным будет являться мясо со сформированными мышечными волокнами.

Толщина пучков мышечных волокон 1 порядка в группе «Пребиотик» больше, чем в группах «Контроль», «Пробиотик» и «Сорбент» (таблица 3). При этом в группе «Пребиотик» выявлена наиболее рыхлая упаковка мышечных волокон за счет значительной толщины эндомизия (рисунки 4, 5, таблица 3). В группах «Контроль», «Пробиотик» и «Сорбент» мышечные волокна в пучках 1 порядка расположены более плотно из-за умеренной толщины эндомизия (рисунки 6-9, таблица 3).

В группе «Пребиотик» пучки мышечных волокон 2 порядка обладают большей толщиной, чем в группах «Контроль», «Пробиотик» и «Сорбент», которые по этому показателю сходны между собой. При этом в группах «Пробиотик» и «Сорбент» перимизий развит более значительно и содержит больше долек белой жировой ткани, чем в группах «Контроль» и «Пребиотик» (рисунки 6-9, таблица 3), что соответствует большей нежности мяса и его сочности.

По количеству гемокапилляров все опытные и контрольные образцы не имеют существенных отличий (таблица 3).

Исследования четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров кросса Смена-9 методом трансмиссионной электронной микроскопии показало, что ультраструктурные изменения возникали в митохондриальной сети мышечных волокон в группах «Пробиотик» и «Сорбент»: здесь

установлено достоверное уменьшение средней площади митохондрий (рисунок 9, таблица 4), что может отражать снижение метаболических процессов в мышечном волокне. В мышечной ткани птиц группы «Пробиотик» этот показатель сочетается с признаками завершения ростовых процессов. По количеству митохондрий, а также по показателям толщины миофибрилл и плотности их расположения достоверных отличий в контрольной и опытных группах не обнаружено.

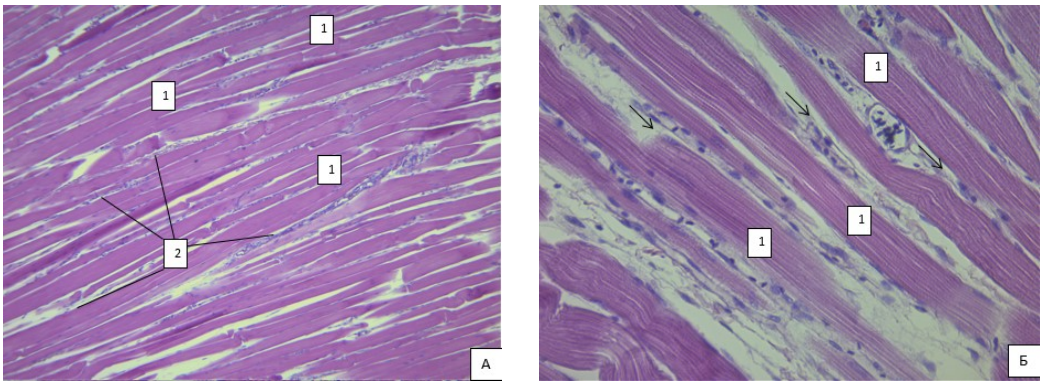


Рисунок 1 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера Смена 9. Группа «Контроль». Продольный срез.
А – общий вид: пучки мышечных волокон 2 порядка (1), перимизий (2).
Б – наблюдается рыхлое расположение миофибрилл в мышечных волокнах; поперечная исчерченность хорошо выражена. 1 – мышечное волокно, стрелками показан эндомизий. Гематоксилин и эозин, А – х40, Б – х400

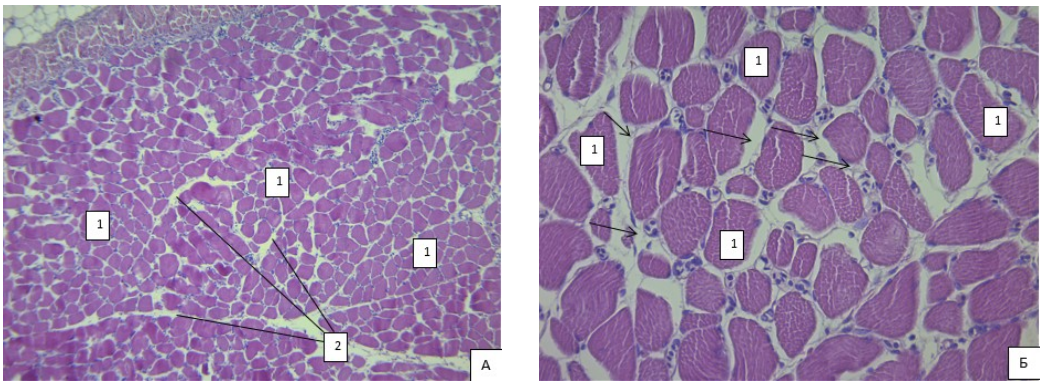


Рисунок 2 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера Смена 9. Группа «Контроль». Поперечный срез.
А – общий вид: пучки мышечных волокон 2 порядка (1), перимизий (2), в котором видны дольки белой жировой ткани (стрелка). Б – в мышечных волокнах (1) определяется рыхлое расположение миофибрилл, эндомизий (стрелки) хорошо выражен, богат гемокапиллярами. Миофибриллы в мышечных волокнах располагаются рыхло.
Гематоксилин и эозин, А – х40, Б – х400.

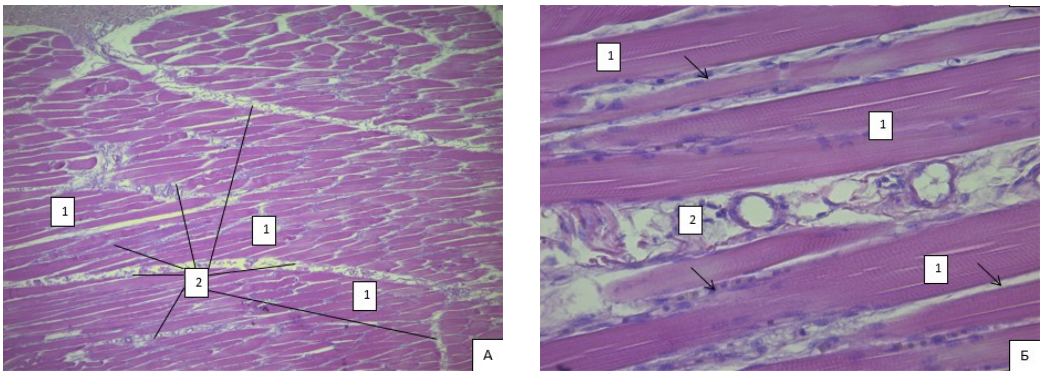


Рисунок 3 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера Смена 9. Группа «Пребиотик». Продольный срез.
А – общий вид: пучки мышечных волокон 2 порядка (1), перимизий (2).
Б – мышечные волокна (1) разной толщины, с хорошо заметной поперечной исчерченностью, эндомизий (стрелки) и перимизий (2) хорошо выражены. Миофибриллы расположены плотно. Гематоксилин и эозин, А – х40, Б – х400.

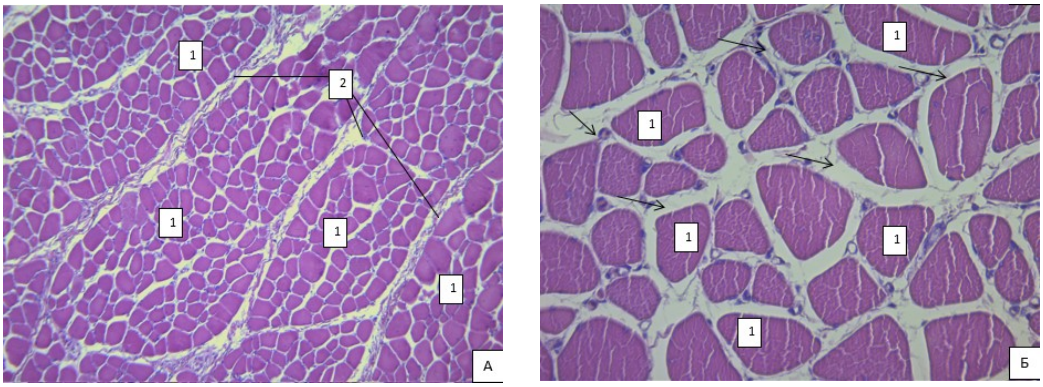


Рисунок 4 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера Смена 9. Группа «Пребиотик». Поперечный срез.
А – общий вид: мышечные пучки в структуре волокна, а также пучки мышечных волокон 2 порядка (1) расположены рыхло. 2 – перимизий, стрелками показан эндомизий.
Б – мышечные волокна (1) разного диаметра расположены рыхло, стрелками показан эндомизий. Эндомизий выражен в большей степени, чем в контроле.
Миофибриллы в мышечных волокнах располагаются плотно.
Гематоксилин и эозин, А – х40, Б – х400.

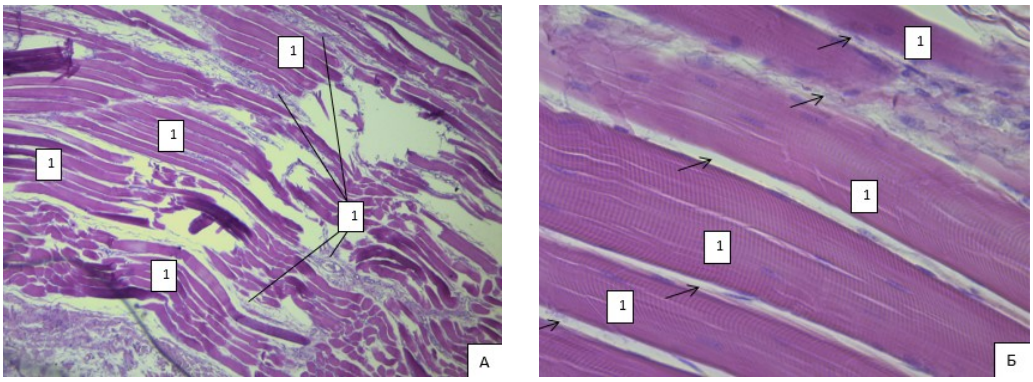


Рисунок 5 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера Смена 9. Группа «Пробиотик». Продольный срез.
А – общий вид: мышечные волокна расположены плотно в структуре пучков 2 порядка (1), перимизий (2) хорошо выражен. Б – мышечные волокна (1) с хорошо заметной поперечной исчерченностью, эндомизий (стрелки) тонкий.
Миофибриллы распложены плотно. Гематоксилин и эозин, А – х40, Б – х400.

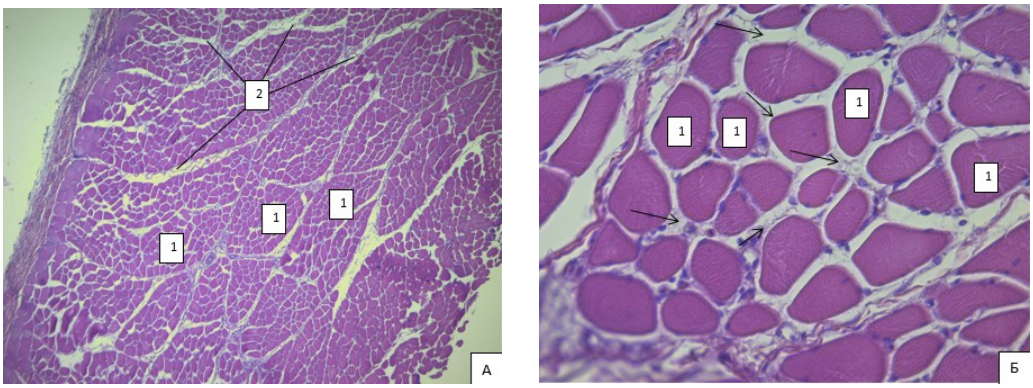


Рисунок 6 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера Смена 9. Группа «Пробиотик». Поперечный срез.
А – общий вид: мышечные пучки в структуре волокна расположены плотнее, чем в группах контроль и Д1; пучки мышечных волокон 2 порядка (1) расположены рыхло, так как перимизий (2) хорошо развит. Б – мышечные волокна (1) имеют разный диаметр, стрелками показан эндомизий. Миофибриллы в мышечных волокнах располагаются плотно. Гематоксилин и эозин, А – х40, Б – х400.

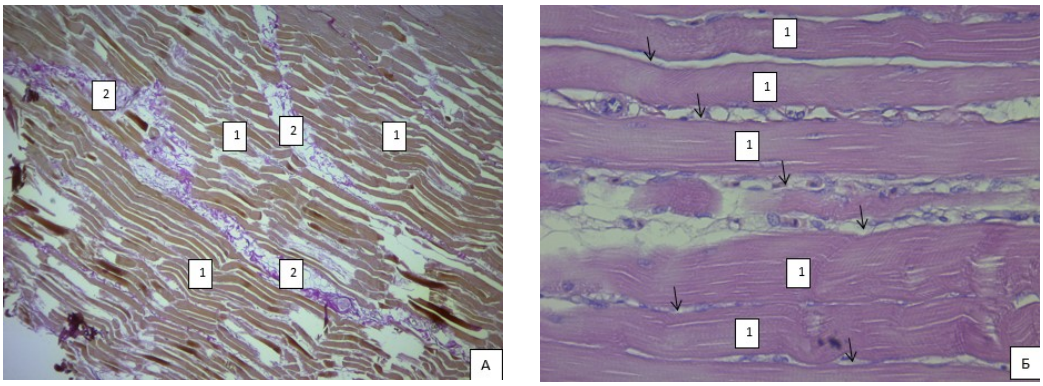


Рисунок 7 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера Смена 9. Группа «Сорбент». Продольный срез.
А – общий вид: мышечные волокна расположены плотно в структуре пучков 2 порядка (1), перимизий (2) хорошо выражен, содержит белую жировую ткань. Ван-Гизон, х40.
Б – мышечные волокна (1) разной толщины, с хорошо заметной поперечной исчерченностью, плотно упакованными миофибриллами. Стрелками показан эндомизий. Гематоксилин и эозин, х400.

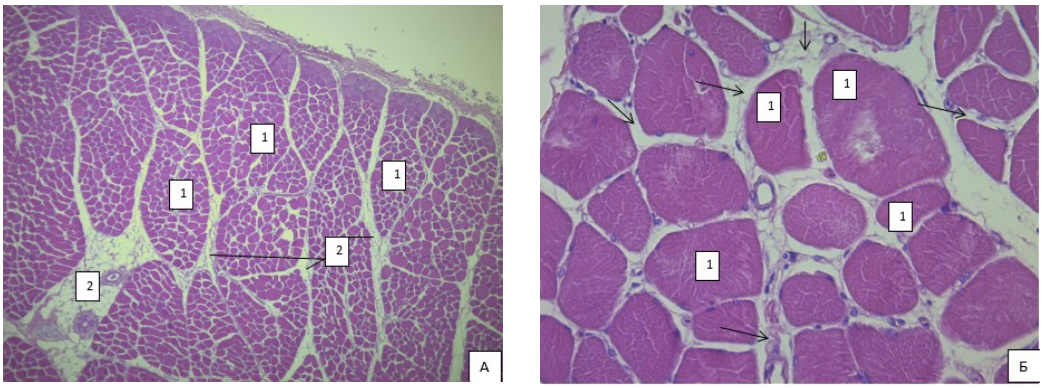


Рисунок 8 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера Смена 9. Группа «Сорбент». Поперечный срез.
А – общий вид: мышечные пучки в структуре волокна расположены плотнее, чем в группе контроль; пучки мышечных волокон 2 порядка (1) расположены рыхло, так как перимизий (2) хорошо развит.
Б – мышечные волокна (1) имеют разный диаметр, разделены тонким эндомизием (стрелками). Миофибриллы в мышечных волокнах располагаются плотно. Гематоксилин и эозин, А – х40, Б – х400.

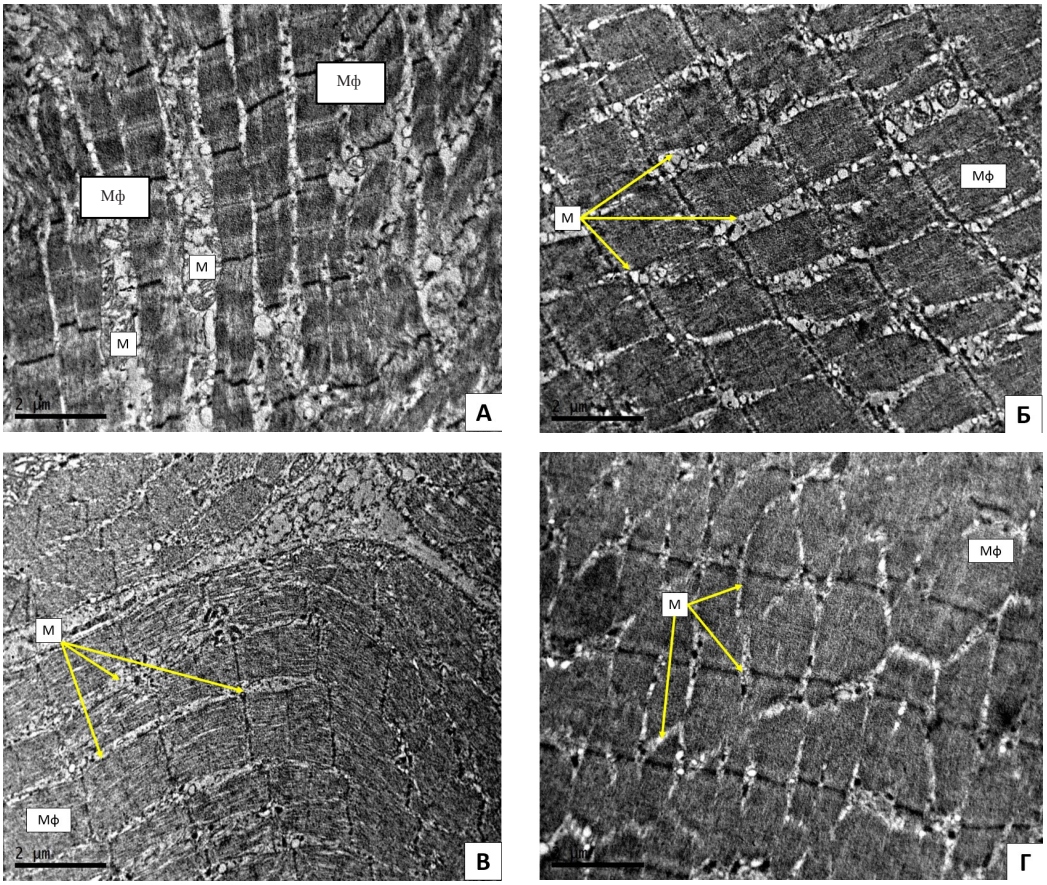


Рисунок 8 – Ультраструктура четырехглавой мышцы бедра кур кросса Смена 9. А – группа «Контроль»; Б – группа «Пробиотик»; В – группа «Пребиотик»; Г – группа «Сорбент». М – межфибриллярные митохондрии, Мф – миофибриллы. ТЭМ, ×14000.

Таблица 4 – Результаты ультраструктурных микроморфометрических исследований четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров кросса «Смена 9» при разных рационах кормления

Группа	Площадь митохондрий в поле зрения, мкм^2	Кол-во митохондрий в поле зрения, шт	Средняя площадь митохондрии, мкм^2	Плотность миофибрилл на 100 мкм^2, шт	Средняя толщина миофибрилл, мкм
«Контроль»	3,337±2,825	2,71±1,25	1,230±0,727	12,38±2,13	0,821±0,130
«Пребиотик»	2,021±2,382	3,33±3,20	0,606±0,370	10,25±1,17	1,062±0,105
«Пробиотик»	1,622±0,545	4,57±1,13	0,355±0,202 ***	10,63±1,30	0,932±0,081
«Сорбент»	0,539±0,326 *	3,29±2,43	0,164±0,075 ***	11,38±0,92	0,933±0,038

*Примечание: здесь и далее – *(P≤0,05); **(P≤0,005); ***(P≤0,0005) – в сравнении с показателями животных контрольной группы каждого кросса.*

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что применение кормовых добавок (пребиотика, пробиотика и сорбента отечественного производства) как дополнения к основному рациону оказывает положительное влияние на рост и развитие мышц у цыплят-бройлеров.

Доказано, что применение кормовых добавок позволяет получить увеличение прироста живой массы птицы в среднем на 130 г, а весовых характеристик мышц бедра - в среднем на 22 г. Кроме того, изменяется микроструктура мышцы. При анализе светооптической и ультраструктурной картины выявлены особенности структурной организации мышечных волокон и определены их размерные характеристики, различия в плотности их расположения в составе мышечных волокон, развитии эндомизия и перимизия.

На наш взгляд, признаки морфологической зрелости к 35-м суткам постэмбрионального развития наиболее выражены в четырехглавой мышце бедра птиц из группы «Пробиотик»: так, мышечные волокна монотонны, имеют значительную толщину, их митохондриальная сеть хорошо развита, но отличается уменьшением площади при плотном расположении миофибрилл, что может соответствовать завершению роста волокон. Эндомизий тонок, что способствует плотному расположению мышечных волокон в пучках 1 порядка, но в то же время в мышце хорошо развит перимизий, содержащий белую жировую ткань. Все это может быть морфологическим коррелятом высоких питательности и вкусовых качеств мяса.

В группах «Пребиотик» и «Контроль» выявлены признаки незавершенности ростовых процессов в мышце: мышечные волокна имели неравномерный диаметр. Можно полагать, что мышечные волокна меньшего диаметра являются растущими, на что указывает и сильное развитие митохондриальной сети со значительной площадью митохондрий, соответствующее высокой интенсивности биосинтезов. При этом на фоне применения пребиотика в структуре мышцы формируется сильно развитый соединительнотканный компонент: значительным развитием отличается и эндомизий, и перимизий, при этом белой жировой ткани в них немного. В сочетании с морфологической незрелостью мышечных волокон это может снижать качество мясной продукции.

В группе «Сорбент» признаки морфологической незрелости мышцы были наиболее выражены: наряду с толстыми мышечными волокнами наблюдались многочисленные волокна малого и среднего диаметра, что в сочетании со снижением площади митохондрий может указывать на замедление развития мышцы. Не исключено, что сорбент может приводить к ухудшению усвоения организмом растущей птицы необходимый питательных веществ. Соединительнотканный компонент мышцы характеризуется тонким эндомизием и хорошо развитым перимизием, содержащим белую жировую ткань.

Представленные в работе данные позволяют научно обосновать использование кормовых добавок при выращивании цыплят-бройлеров отечественных кроссов. Выявленные морфологические и микроморфометрические показатели скелетной мускулатуры могут служить критериями оценки продуктивного потенциала сельскохозяйственной птицы и выступать в качестве эталонных при проведении исследований, направленных на получение экологически чистой и безопасной продукции птицеводства.

FEATURES OF THE MICROSTRUCTURE OF THE QUADRICEPS FEMORAL MUSCLE OF BROILER CHICKENS OF THE SMENA-9 CROSS WITH VARIOUS FEEDING DIETS

Stepanishin V.V.[1*] – cand. Biol. sciences, assoc., assoc. kaf. anatomy and Histology of animals named after Professor A.F. Klimov; **Pozyabin S.V.**[1] – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Veterinary Surgery; **Borkhunova E.N.**[1] – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Depart-

ment. anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov; **Kozlova M.A.**[2] – Cand. Biol. sciences, art. scientific. sotr. Laboratory of Cell Pathology, Head of the Electron Microscopy Group of the Reference Center for Infectious and Viral Oncopathology; **Kuznetsova M.A.**[1] – ass. kaf. anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov; **Pashina N.R.**[1] – Cand. Biol. sciences, associate professor, ass. of the Department of Anatomy and Histology of Animals named after Professor A.F. Klimov.

[1] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Scriabin;

[2] Research Institute of Human Morphology named after Akad. A.P. Avtsyn Federal State Budgetary Educational Institution "RNTSKH named after Academician B.V. Petrovsky".

*stepanishin.victor@yandex.ru

ABSTRACT

The article presents the results of studies of the histological and ultrastructural characteristics of the quadriceps femoral muscle of broiler chickens of the Smena-9 cross on the 35th day of postembryonic ontogenesis using feed additives (probiotic, prebiotic, sorbent) of domestic production in addition to the basic feeding diet.The work was implemented within the framework of the thematic task plan for the implementation of research works under the state order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (Agreement No. 082-03-2023-238 dated 30.01.2023) on the topic: "Development of theoretical foundations and methodology for the practical use of morphological criteria in assessing the quality and safety of poultry products." It has been shown that against the background of the use of feed additives, an increase in the weight of chickens occurs. At the same time, the microstructure of the rectus head of the quadriceps femoris of birds of the control and experimental groups, while maintaining the general plan of structure (the presence of muscular and connective tissue components, bundle organization), is not the same. Based on studies using light and transmission electron microscopy, it was shown that the signs of morphological maturity of skeletal muscle tissue are most pronounced when using a probiotic, in the case of using a prebiotic and a sorbent, muscle fibers grow less synchronously, which is manifested by the variability of their thickness. The thickness of muscle fibers, their bundles, the state of the mitochondrial apparatus, the packing density of myofibrils and their thickness, the degree of development of endomysium and perimysium and the presence of white adipose tissue can be objective morphological and morphometric criteria for assessing the condition of muscle tissue, which correlates with the taste qualities of poultry meat. Data on the structural organization of the quadriceps muscle of the new domestic cross expand the theoretical base in the field of the myology of farm birds, including in terms of identifying morphological signs of the realization of genetic potential against the background of the use of different feeding diets in chicken rearing technology, which allows us to quickly assess the effectiveness of chicken rearing technology and predict an increase in productivity.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Авельцов, Д. Ю. Рынок мяса и мясной продукции: состояние и перспективы в России и мире / Д. Ю. Авельцов // Птица и птицепродукты. – 2022. – № 1. – С. 19-20.

2.Буяров, А. В. Производство и переработка продукции птицеводства в современных экономических условиях: тренды и инновации / А. В. Буяров, В. С. Буяров, И. В. Комоликова // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 3(102). – С. 133-143. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.3.133.

3.Белугин А. Ю., Белугина Т. А. Оценка национальной продовольственной безопасности при экспортной ориентации сельского хозяйства России // АПК: Экономика, управление. – 2021. – №. 3. – С. 13-19.

4.Гончаров, В. Д. Современное состояние животноводства России / В. Д. Гончаров,

С. Г. Сальников // Инвестиции в России. – 2023. – № 5(340). – С. 18-30.
5.Закономерности роста мясных кур / В. Е. Никитченко, Д. В. Никитченко, Ж. В. Емануйлова [и др.] // Птицеводство. – 2022. – № 7-8. – С. 53-58.
6.Борхунова Е. Н. Особенности микроорганизации поверхностной грудной мышцы у кур мясного и яичного направлений продуктивности / Е. Н. Борхунова, Г. В. Кондратов, В. В. Степанишин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология, 2020. – № 12. – С. 29-35. – DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202012004.
7.Кондратов, Г. В. Особенности микроскопического строения поверхностной грудной мышцы на 29-е сутки онтогенеза у кур яичного направления продуктивности / Г. В. Кондратов, В. В. Степанишин, С. Г. Кумиров // Ветеринарная морфология и патология, 2023. – № 2. – С. 26-32.
8.Кондратов, Г. В. Особенности строения скелетных мышц у кур Смена-8 и Андалузская голубая в отдельные сроки постэмбрионального онтогенеза / Г. В. Кондратов, В. В. Степанишин, С. Г. Кумиров // Ветеринария, зоотехния и биотехнология, 2021. – № 4. – С. 6-15. – DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202212106.
9.Кондратов, Г. В. Особенности структурного оформления поверхностной грудной мышцы у кур породы орловская ситцевая в эмбриогенезе / Г. В. Кондратов, В. В. Степанишин, С. Г. Кумиров // Ветеринарная морфология и патология, 2023. – № 1. – С. 24-30.
10. Мкртчян, М. В. Об импортозамещении на рынке мяса птица в России / М. В. Мкртчян, О. В. Титова // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 1827-1832.
11. Морфологическая характеристика поверхностной грудной мышцы цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» при различных рационах кормления / В. В. Степанишин, Е. Н. Борхунова, Г. В. Кондратов [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2023. – № 12. – С. 81-90. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202312110.
12. Никитченко, В. Е. Закономерности постэмбрионального развития мясных кур (обзор) / В. Е. Никитченко, Д. В. Никитченко, Ж. В. Емануйлова [и др.] // Птицеводство. – 2023. – № 5. – С. 53-59. – DOI 10.33845/0033-3239-2023-72-5-53-59.
13. Основы кормления сельскохозяйственной птицы с применением кормовых добавок, альтернативных антибиотикам / Л. И. Подобед, И. И. Кочиш, И. Н. Никонов, Ю. Е. Кузнецов. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО СПбГАВМ, 2019. – 302 с. – ISBN 978-5-6041818-2-9.
14. Особенности строения четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» при различных рационах кормления / В. В. Степанишин, Е. Н. Борхунова, С. В. Позябин [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2023. – № 12-2(121). – С. 18-30. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202312202.
15. Руководство по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с аутосексной материнской родительской формой (племенная работа; инкубация яиц; технология выращивания, содержания; кормление; здоровье и биобезопасность) / Д. Н. Ефимов, А. В. Егорова, Ж. В. Емануйлова, А. В. Иванов, А. П. Коноплева, А. А. Зотов, В. С. Лукашенко, А. А. Комаров, И. А. Егоров, Т. А. Егорова, Е. Ю. Байковская, В. А. Манукян, И. П. Салеева, А. Ш. Кавтарашвили, С. В. Смолов, под общей редакцией академика РАН В. И. Фисинина // ФНЦ «ВНИТИП» РАН, 2021. – 95 с. – ISBN 978-5-6043379-7-4.
16. Степанишин, В. В. Применение фитобиотиков при выращивании сельскохозяйственной птицы / В. В. Степанишин, Г. В. Кондратов, А. А. Усачева // Наука и современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей V Международной научно-практической конференции, Пенза, 17 мая 2022 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. – С. 33-35.
17. Стрельникова, И. И. Эффективность применения фитобиотиков в птицеводстве / И. И. Стрельникова, Н. А. Кислицына // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельско-

хозяйственные науки. Экономические науки. – 2020. – Т. 6. – №4(24). – С. 433-445.
18. Фисинин, В.И. Наращиваем производство мяса и яйца / В. И. Фисинин // Животноводство России. – 2022. – № S3. – С. 2-4.
19. Экспертно-аналитического центра агробизнеса «АБ-Центр»: «Российский рынок мяса и мясопродуктов. Выпуск №13 (№9/2023)»
20. Якунина, А. А. Управление качеством производства продукции птицеводства / А. А. Якунина, Л. Д. Котлярова // Актуальные вопросы развития науки и технологий: Сборник статей молодых учёных 73-й студенческой научной конференции, Караваево, 07 апреля 2022 года. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 527-532.
21. Aristov, A.V. A way to increase the implementation of the bioresourse potential of animals and birds / A.V. Aristov, L.A. Esaulova // VI International Conference on Agriproducts processing and farming. – 2020. – P. 422.
22. Dey, P. Electron Microscopy: Principle, Components, Optics and Specimen Processing. In: Basic and Advanced Laboratory Techniques in Histopathology and Cytology / Dey, P. // Springer, Singapore. – 2022. – pp 303–313. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6616-3_28
23. Gauthier, G.F. Cytological studies of fiber types in skeletal muscle / G.F. Gauthier, H.A. Padycyla // Ibid. – 1966. – Vol. 28. – N. 2. – P. 333-354.
24. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.

REFERENCES

1. Aveltsov, D. Yu. The market of meat and meat products: the state and prospects in Russia and the world / D. Yu. Aveltsov // Poultry and poultry products. - 2022. – No. 1. – pp. 19-20.
2. Buyarov, A.V. Production and processing of poultry products in modern economic conditions: trends and innovations / A.V. Buyarov, V. S. Buyarov, I. V. Komolikova // Bulletin of Agrarian Science. – 2023. – № 3(102). – Pp. 133-143. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.3.133.
3. Belugin A. Yu., Belugina T. A. Assessment of national food security in the export orientation of agriculture in Russia // Agro-industrial complex: Economics, management. – 2021. – No. 3. – pp. 13-19.
4. Goncharov, V. D. The current state of animal husbandry in Russia / V. D. Goncharov, S. G. Salnikov // Investments in Russia. – 2023. – № 5(340). – Pp. 18-30.
5. Regularities of the growth of meat chickens / V. E. Nikitchenko, D. V. Nikitchenko, J. V. Yemanuilova [et al.] // Poultry farming. – 2022. – № 7-8. – pp. 53-58.
6. Borkhunova E. N. Features of microorganisms of the superficial pectoral muscle in chickens of meat and egg production directions / E. N. Borkhunova, G. V. Kondratov, V. V. Stepanishin // Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya, 2020. – No. 12. – pp. 29-35. – DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202012004.
7. Kondratov, G. V. Features of the microscopic structure of the superficial pectoral muscle on the 29th day of ontogenesis in chickens of egg productivity / G. V. Kondratov, V. V. Stepanishin, S. G. Idols // Veterinary Morphology and Pathology, 2023. – No. 2. – pp. 26-32.
8. Kondratov, G. V. Features of the structure of skeletal muscles in chickens Smena-8 and Andalusian blue in certain periods of postembryonic ontogenesis / G. V. Kondratov, V. V. Stepanishin, S. G. Kumirov // Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya, 2021. – No. 4. – pp. 6-15. – DOI: 10.36871/ vet.zoo.bio.202212106.
9. Kondratov, G. V. Features of the structural design of the superficial pectoral muscle in Oryol calico chickens in embryogenesis / G. V. Kondratov, V. V. Stepanishin, S. G. Kumirov // Veterinary Morphology and Pathology, 2023. – No. 1. – pp. 24-30.
10. Mkrtchyan, M. V. On import substitution in the poultry meat market in Russia /

M. V. Mkrtchyan, O. V. Titova // Health is the basis of human potential: problems and ways to solve them. - 2022. – Vol. 17, No. 4. – pp. 1827-1832.
11. Morphological characteristics of the superficial pectoral muscle of broiler chickens of the cross “Smena-9” at different feed rations / V. V. Stepanishin, E. N. Borhunova, G. V. Kondratov [and others] // Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya, 2023. – No 12. – pp. 81-90. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202312110.
12. Nikitchenko, V. E. Patterns of postembryonic development of meat chickens (review) / V. E. Nikitchenko, D. V. Nikitchenko, J. V. Yemanuilova [et al.] // Poultry farming. – 2023. – No. 5. – pp. 53-59. – DOI 10.33845/0033-3239-2023-72-5-53-59.
13. Fundamentals of feeding poultry with the use of feed additives alternative to antibiotics / L. I. Podobed, I. I. Kochish, I. N. Nikonov, Yu. E. Kuznetsov. – St. Petersburg: SPbGAVM, 2019. – 302 p. – ISBN 978-5-6041818-2-9.
14. Features of the structure of the quadriceps femoris muscle of broiler chickens cross “Smena-9” at different feeding rations / V. V. Stepanishin, E. N. Borhunova, S. V. Pozyabin [and others]] // Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya, 2023. – No. 12-2(121). – pp. 18-30. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202312202.
15. Guidelines for working with poultry meat cross "Shift 9" with an autosex maternal parental form (breeding; egg incubation; technology of cultivation, maintenance; feeding; health and biosafety) / D. N. Efimov, A.V. Egorova, Zh. V. Emanuilova, A.V. Ivanov, A. P. Konopleva, A. A. Zotov, V. S. Lukashenko, A. A. Komarov, I. A. Egorov, T. A. Egorova, E. Y. Baykovskaya, V. A. Manukyan, I. P. Saleeva, A. Sh. Kavtarashvili, S. V. Smolov, under the general editorship of Academician of the Russian Academy of Sciences V. I. Fisinin // FNC VNITIP RAS, 2021. – 95 p. – ISBN 978-5-6043379-7-4.
16. Stepanishin, V. V. The use of phytobiotics in the cultivation of poultry / V. V. Stepanishin, G. V. Kondratov, A. A. Usacheva // SCIENCE and MODERN EDUCATION: TOPICAL ISSUES, ACHIEVEMENTS and INNOVATIONS: collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference, Penza, May 17, 2022. – Penza: Science and Education (IP Gulyaev G.Yu.), 2022. – pp. 33-35.
17. Strelnikova, I. I. The effectiveness of phytobiotics in poultry farming / I. I. Strelnikova, N. A. Kislitsyna // Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic sciences. - 2020. – T. 6. – №4 (24). – Pp. 433-445.
18. Fisinin, V.I. We are increasing the production of meat and eggs / V. I. Fisinin // Animal husbandry of Russia. – 2022. – No. S3. – pp. 2-4.
19. Of the Expert and analytical center of agribusiness "AB-Center": "The Russian market of meat and meat products. Issue No. 13 (No. 9/2023)"
20. Yakunina, A. A. Quality management of poultry production / A. A. Yakunina, L. D. Kotlyarova // Topical issues of science and technology development: A collection of articles by young scientists of the 73rd Student Scientific Conference, Karavaevo, April 07, 2022. – Karavaevo: Kostroma State Agricultural Academy, 2022. – pp. 527-532.
21. Aristov, A.V. A way to increase the implementation of the bioresourse potential of animals and birds / A.V. Aristov, L.A. Esaulova // VI International Conference on Agriproducts processing and farming. – 2020. – P. 422.
22. Dey, P. Electron Microscopy: Principle, Components, Optics and Specimen Processing. In: Basic and Advanced Laboratory Techniques in Histopathology and Cytology / Dey, P. // Springer, Singapore. – 2022. – pp 303–313. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6616-3_28
23. Gauthier, G.F. Cytological studies of fiber types in skeletal muscle / G.F. Gauthier, H.A. Padycyla // Ibid. – 1966. – Vol. 28. – N. 2. – P. 333-354.
24. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.

УДК: 599.824:611.711
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.287

НИЗШИЕ ОБЕЗЬЯНЫ КАК МОДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА У ЧЕЛОВЕКА

Оганесян А.О.[1] **–** мл. науч. сотр. лаборатории патологической анатомии Курчатовского комплекса медицинской приматологии (ORCID 0000-0003-0450-1702); **Панченко А.В.** [1] – д-р мед. наук, главный научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии Курчатовского комплекса медицинской приматологии (ORCID 0000-0002-5346-7646); **Колесник Ю.А.** [1] **–** лаборант-исследователь лаборатории патологической анатомии Курчатовского комплекса медицинской приматологии (ORCID 0000-0001-9440-5145); **Губский И.Л**[2] – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаборатории нейрорегенерации (ORCID 0000-0003-1726-6801); **Баклаушев В.П.**[3] – д-р мед. наук, заместитель генерального директора по научной работе и медицинским технологиям (ORCID 0000-0003-1039-4245); **Ильязянц Д.А.**[1] **–** мл. науч. сотр. лаборатории патологической анатомии Курчатовского комплекса медицинской приматологии (ORCID 0000-0002-4681-7783); **Шестаков В.А.** [1] **–** канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. лаборатории патологической анатомии Курчатовского комплекса медицинской приматологии (ORCID 0000-0002-8090-3423); **Радомская Е.Ю.**[1] **–** врач-патологоанатом лаборатории патологической анатомии лаборатории патологической анатомии Курчатовского комплекса медицинской приматологии (ORCID 0000-0002-8590-2198); **Булгин Д.В.**[1] **–** канд. мед. наук, вед. науч. сотр. лаборатории патологической анатомии (ORCID 0000-0003-1739-8505).

[1] Курчатовский комплекс медицинской приматологии ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»;
[2] ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий ФМБА России;
[3] ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России.

***** j.kolesnick2010@yandex.ru

Ключевые слова: *дегенеративно-дистрофические изменения позвоночника, низшие обезьяны, животная модель.*

Key words: *degenerative-dystrophic alteration in the spine, monkeys, animal model.*

Финансирование. *Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».*

Поступила: 03.06.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Дегенеративно–дистрофические изменения позвоночника (ДДИП) – хроническая прогрессирующая патология, характеризующаяся изменениями межпозвонковых дисков, суставов, связочного аппарата, костной ткани позвонков; проявляющаяся тяжелыми ортопедическими, неврологическими и висцеральными нарушениями. Получение и всесторонне изучение моделей ДДИП на животных имеет важное значение для разработки методов профилактики и лечения дан-

ной патологии у человека. Идеальная животная модель ДДИП должна иметь морфологические проявления и биомеханические характеристики аналогичные человеку. Низшие обезьяны – единственные из всех видов экспериментальных животных, наиболее близко стоящие к людям по своим анатомо-физиологическим и генетическим характеристикам, считаются «лабораторными двойниками» человека, вызывают особый интерес у исследователей. Низшие обезьяны по строению позвоночника и двигательному поведению очень похожи на человека. Полученные нами результаты свидетельствуют о большой схожести дегенеративно-дистрофических процессов в позвоночнике у обезьян и у людей. Обезьяны подвержены дегенеративно-дистрофическим процессам во всех отделах позвоночника (даже в хвостовом отделе), несмотря на прогоградную статику и отсутствие вертикальных нагрузок. Развитие ДДИП у обезьян зависит от возраста, как и у людей: большинство обезьян с такими поражениями являются взрослыми или старыми животными. Частота обнаружения ДДИП по результатам аутопсий (собственные данные) и похожие патологические изменения в позвоночнике на макро- и микроскопических уровнях свидетельствует о возможности использования, исследованных нами видов обезьян, в качестве естественной модели для изучения аналогичной патологии у человека.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Дегенеративно–дистрофические изменения позвоночника (ДДИП) – хроническая прогрессирующая патология, характеризующаяся изменениями межпозвонковых дисков, суставов, связочного аппарата, костной ткани позвонков; проявляющаяся тяжелыми ортопедическими, неврологическими и висцеральными нарушениями [1, 2].

Позвоночник – это гибкая многосегментарная биомеханическая система, образованная телами позвонков, которые соединены друг с другом дисками, продольными связками и межпозвонковыми (фасеточными) суставами. Позвоночник обеспечивает стабильность тела в вертикальном положении и движения в костно-мышечной системе [3]. S-образный профиль позвоночника у человека (в сагиттальной плоскости позвоночник образует четыре физиологические кривизны) является результатом ортостатического положения. Хорошо развитые физиологические изгибы позвоночника позволяют лучше противостоять повышенным нагрузкам. Внутренняя архитектоника и минеральный состав костной ткани позвонка придаёт ему компрессионную прочность (позвоночник здорового взрослого мужчины выдерживает вертикальную нагрузку до 350 кг). Между позвонками человека находятся межпозвонковые диски, которые занимают треть всего объёма позвоночника. Основной функцией дисков является сопротивление механической нагрузке и её равномерное распределение по всей протяженности позвоночного столба, что позволяет позвоночнику сгибаться и вращаться. Механическая нагрузка на диски образуется за счет веса тела, физической активности и зависит от положения тела (рис.1) [4].

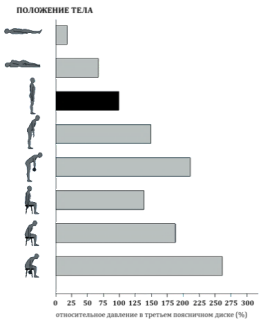


Рисунок 1 – Относительное внутридисковое давление при различных положениях тела по сравнению с давлением в положении выпрямившись стоя (100%). Давление на диски в покое колеблется, в зависимости от положения тела, от 0,1 до 0,2 МПа, а при наклонах и поднятии тяжести давление на диски увеличивается до 1,5-2,5 МПа. В нормальном состоянии давление в диске создается в основном водой в ядре и внутренней частью наружного кольца. При увеличении нагрузки на диск давление равномерно распределяется по всему диску и хрящевой пластинке. Адаптировано из Nachemson AL, 1992 [5].

При повседневной активности нагрузка на диски постоянно меняется. Сгибание и разгибание позвоночника приводят к растяжению и сдавливанию дисков, причем нагрузка на диски увеличивается сверху вниз из-за особенностей анатомической геометрии тела и распределения веса тела [5]. Межпозвонковый диск у взрослого человека не имеет собственных кровеносных сосудов, его питание осуществляется за счет прилежащих тканей, состоит в основном из воды и коллагеновых (коллаген тип II) и эластических волокон, расположенных в матриксе из протеогликанового геля. Эти компоненты составляют 90-95% общей массы, хотя их соотношение может колебаться в зависимости от анатомической локализации диска, возраста человека и дегенеративных изменений. В матриксе диска находятся клеточные популяции (клетки пульпозного ядра, клетки фиброзного кольца, хондроциты, макрофаги), регулирующие обменные процессы [6-8]. В диске отчетливо различимы 3 зоны (рис. 2).

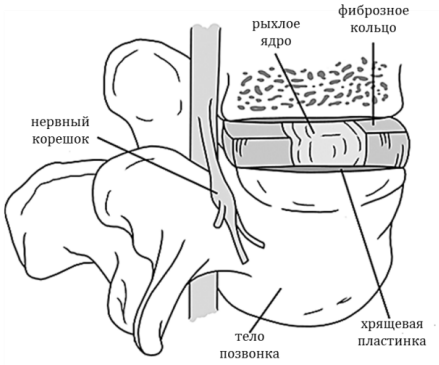
Внутренняя зона (рыхлое ядро) представляет собой гелеобразную ткань, хорошо выраженную в молодом возрасте. Наружная зона (фиброзное кольцо) имеет плотную и волокнистую структуру. Пространственная организация коллагеновых и эластических волокон фиброзного кольца обеспечивает гибкость диска: волокна располагаются слоями и переплетены между собой в разных направлениях, что позволяет диску выдерживать высокие нагрузки при сгибании и скручивании. С возрастом ядро диска теряет воду, становится более плотным, и различие между ядром и фиброзным кольцом становится не столь четким. Третья зона диска - тонкий слой гиалинового хряща, расположенный сверху и снизу и отделяющий диск от тел позвонков [9, 10].

Основной протеогликан диска – аггрекан (протеогликановый хондроитинсульфат 1). Аггрекан за счёт своей гидрофильности, поддерживает высокое содержание воды (создаётся давление набухания) в студенистом ядре, что, в свою очередь, обеспечивает сопротивление к большим нагрузкам, приложенных на тело позвонка [10]. При сдавливании диска он деформируется и уплощается. Степень деформации диска зависит от скорости увеличения нагрузки. При сгибании и разгибании позвоночника диск может сжиматься или растягиваться на 30-60% своей толщины, а расстояние между отростками соседних позвонков может увеличиваться более, чем в 4 раза. Способность диска противостоять переднему и боковому сдвигу, а также сжатию и сгибанию делает межпозвоночный диск наиболее важным компонентом позвоночника, несущим нагрузку, после фасеточных суставов [4, 11].

Старение – это нормальный процесс для всех структур позвоночника, который начинается в дисках в начале второго десятилетия жизни, при этом изменения при старении трудно отличить от дегенеративных изменений, что вызывает споры о том, являются ли старение и дегенерация отдельными процессами или одним и тем же процессом, происходящим в разных временных рамках [12, 13]. Дегенерация диска приводит к потере протеогликанов и коллагена II, нарушается организация сети коллагеновых волокон, изменяется структура диска, сопровождающаяся прорастанием в него кровеносных сосудов и нервных волокон [8, 14]. Дегенеративные процессы в диске стимулируют повышенное образование медиаторов воспаления, таких как простагландин E2 (PGE2), фактора некроза опухоли альфа (TNF-α), интерлейкинов (IL-1β, IL-4, IL-6, IL-12), интерферона гамма (IFN-γ) и матриксных металлопротеаз (MMPs). Кроме того, медиаторы воспаления, такие как TNF-α и IL-1β индуцируют экспрессию факторов, связанных с появлением дискогенной боли, таких как оксид азота (nitric oxide / NO), циклооксигеназа 2 (cyclooxygenase 2 / COX2) и фактор роста нервов (nerve growth factor / NGF), последний способствует врастанию нервов в диск [8, 14]. Концевая пластинка хряща истончается, формируются концентрические трещины и радиальные разрывы, образуются очаговые, а затем диффузные эрозии со склерозом субхондральной кости тела позвонка

[15, 16]. Изменения в фасеточных суставах (подвывихи, дистрофия хрящевой ткани, образование остеофитов) и гипертрофия желтой связки при дегенерации диска приводят к сужению позвоночного канала, а также к спондилолистезу и сколиозу, которые являются основными причинами нейрогенной хромоты и радикулопатии у пожилых людей [13].

Получение и всесторонне изучение моделей ДДИП на животных имеет важное значение для разработки методов профилактики и лечения данной патологии у человека [17, 18]. В литературе описано множество доклинических in vivo моделей ДДИП (рис.3). Часто эксперименты ставятся одновременно на нескольких моделях (мыши, крысы, кролики, собаки, овцы, козы, свиньи, лошади, верблюды, обезьяны) при этом недостатки одной из них восполняются достоинствами другой (рис. 3) [19-21].



зоны диска	относительная масса основных компонентов межпозвонкового диска (%)		
	вода	протеогликан	коллаген
рыхлое ядро	77	14	4
фиброзное кольцо	70	5	15
хрящевая пластинка	55	8	25

Рисунок 2 – Относительная масса трех основных компонентов межпозвонкового диска у здорового взрослого человека. Адаптировано из Raj PP, 2008 [7].

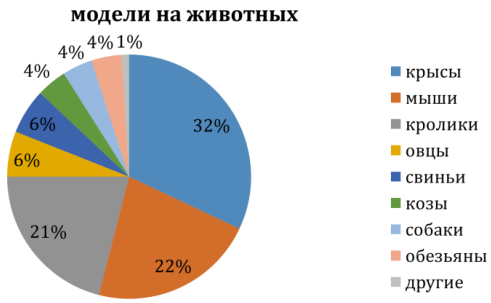


Рисунок 3 – Доклинические модели ДДИП на животных in vivo [22].

Наиболее распространенными видами являются грызуны, большинство исследований выполняется на них. Вторым по распространенности выбранным видом животных являются кролики. Однако, все животные (за исключением обезьян) эволюционно (включая анатомическое строение позвоночника и биомеханику движений) отличаются от человека, следовательно, многие результаты доклинических исследований с использованием таких моделей не могут быть воспроизведены в клинике [19, 20, 23]. Идеальная животная модель ДДИП должна иметь морфологические проявления и биомеханические характеристики, аналогичные человеку [24].

Низшие обезьяны – единственные из всех видов экспериментальных животных, наиболее близко стоящие к людям по своим анатомо-физиологическим и генетическим характеристикам, считают-

ся «лабораторными двойниками» человека, вызывают особый интерес у исследователей [25]. Низшие обезьяны по строению позвоночника и двигательному поведению очень похожи на человека (рис.4, 5).

ДДИП у этих животных по своим проявлениям наиболее соответствуют аналогичным патологическим процессам в позвоночнике у человека [26, 27]. Первое пилотное исследование на павианах, выполненное в 1992 году, подтвердило естественность (спонтанность) возникновения ДДИП у этих животных и явилось основой для дальнейшего изучения спонтанных моделей этой патологии методами лучевой диагностики (традиционная рентгенодиагностика, рентгеновская компьютерная томография, магнитно – резонансная томография) и гистологического исследования [28, 29]. Спонтанными они называются потому, что обнаруживаются у животных, не подвергшихся каким-либо воздействиям со стороны экспериментатора. Это свидетельствует о принципиальной возможности использования спонтанных дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника у низших обезьян в качестве экспериментальных моделей. Однако, исследования спонтанных ДДИП у низших обезьян крайне малочисленны [22]. Показано, что у обезьян с ДДИП морфологические изменения на микроскопическом уровне сопоставимы с патологией, наблюдаемой при дегенерации дисков у человека [29]. При анализе возрастных изменений следует учитывать, что обезьяны примерно в 3 раза

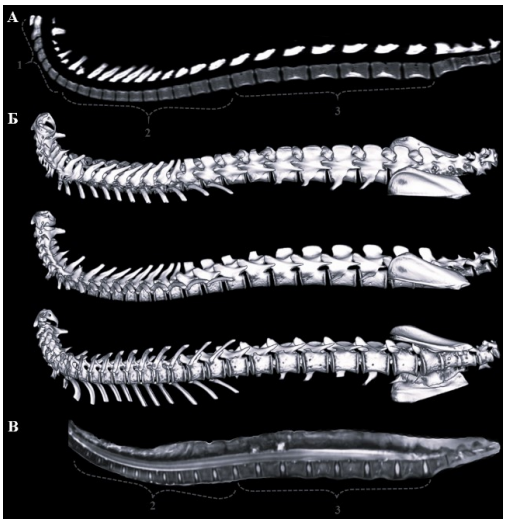


Рисунок 4 – Строение позвоночника макаки яванского, самец, 5 лет (посмертное исследование, аутопсийный материал). А – компьютерная томография позвоночника в сагиттальной плоскости; Б – трёхмерная модель по данным компьютерной томографии (Optima CT660, General Electric, США); В – магнитно-резонансная томография (DISCOVERY MR750w, General Electric, США.) позвоночника в сагиттальной плоскости. 1 – шейный отдел позвоночника, 2 – грудной отдел позвоночника; 3 – поясничный отдела позвоночника. Фотографии из личного архива авторов.



Рисунок 5 – Строение позвоночника человека. А – компьютерная томография позвоночника в сагиттальной плоскости (доброволец 1); Б – трехмерная модель по данным компьютерной томографии (Biograph 40, Siemens, Германия); В – магнитно-резонансная томография (MAGNETOM Aera, Siemens, Германия) позвоночника в сагиттальной плоскости (доброволец 2). 1 – шейный отдел позвоночника, 2 – грудной отдел позвоночника; 3 – поясничный отдела позвоночника. Фотографии из личного архива авторов.

быстрее стареют (меньше продолжительность жизни), чем люди. Так у макак-резус половое созревание происходит между 2,5 и 4,5 годами, менопауза наступает примерно в 26 лет, средняя продолжительность жизни составляет 27 лет, а максимальная продолжительность жизни около 40 лет [30].

Настоящее исследование посвящено выявлению частоты встречаемости ДДИП у низших обезьян, изучению патологических изменений в позвоночнике на макро- и микроскопических уровнях для оценки перспективности использования этих животных в доклинических исследованиях при разработке методов профилактики и лечения аналогичной патологии у человека.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В исследование включены данные, полученные при проведении рутинных патологоанатомических исследований (аутопсий) обезьян, содержавшихся в условиях питомника Курчатовского комплекса медицинской приматологии (ККМП) ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» и умерших от спонтанных заболеваний (не связанных с экспериментальным воздействием) за период 2020-2023 гг. Всего за указанный период было проведено 922 аутопсии обезьян, представителей трёх родов (*Macaca*, *Chlorocebus, Papio*) в возрасте от 6 лет и старше (рис. 6):

1. Род *Macaca* (400 ♀ и 168 ♂) - макак резус (*Macaca mulatta*), макак яванский (*Macaca fascicularis*), макак лапундер (*Macaca nemestrina*).

2. Род *Chlorocebus* (29 ♀ и 1 ♂) - африканские зелёные мартышки (*Chlorocebus aethiops ssp.*).

3. Род *Papio* (159 ♀ и 165 ♂) – павиан анубис (*Papio anubis*), павиан гамадрил (*Papio hamadryas*).

При проведении аутопсии животного, после эвисцерации органокомплекса, на предмет обнаружения признаков ДДИП изучались следующие отделы позвоночника:

- шейный отдел (ШО);
- грудной отдел (ГО);
- поясничный отдел (ПО);
- крестцово-копчиковый отдел (ККО).

Проводился распил указанных отделов позвоночного столба в срединной сагиттальной плоскости. Макроскопически выявляли основные морфологические признаки характерные для ДДИП:

- остеофиты (экзостозы);
- субхондральное склерозирование;
- грыжа Шморля;
- сужение межпозвонкового диска;
- обызвествление в диске;
- синдесмофиты.

Позвонки с патологическими изменениями фиксировались в 10% нейтральном буферном (pH 7,4) растворе формалина. Для удаления из костной ткани позвонков минерального компонента использовали декальцинирующий раствор электролитный Гистопоинт (ООО «МедТехникаПоинт», г. Санкт-Петербург). Далее проводилась стандартная гистологическая обработка материала с последующей заливкой в парафиновую среду “HISTOMIX” (ООО “БиоВитрум”, Санкт-Петербург). Из полученных парафиновых блоков приготавливали срезы толщиной 4 мкм, которые окрашивали гематоксилином Ганзена (квасцовый гематоксилин Ганзена / *F.C.Ch. Hansen,* железотригематеиновый способ) и эозином. Обзорный морфологический анализ выполнен на биологическом микроскопе для лабораторных исследований AXIO LAB.A1 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия). Для микрофотографирования использовалась цифровая камера Axiocam 105 color (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия).

В отдельных случаях, представляющих особый научный интерес, проводилось максимальное отделение мягких тканей от позвонков, после чего позвонки подвергались водной мацерации с последующим высушиванием на открытом воздухе.

У некоторых животных посмертно выполняли полипозиционную рентгенографию различных отделов позвоночника

на рентгеновском аппарате PORTA 100HF (JOB Corporation, Япония) с цифровой системой DR Retrofit (AGFA, Бельгия), параметры рентгенографии: kV 60-70; mAs 1-3,2.

Статистический анализ проводили в программе GraphPad Prism 6.0 (США). Категориальные данные представляли в виде абсолютных и относительных значений, значимость различий определяли с помощью двустороннего точного критерия Фишера (*F-test*) и теста Кохрана-Армитиджа на тренд (*Cochran–Armitage test for trend*). Различия между сравниваемыми группами считались достоверными при уровне значимости $p < 0,05$.



Рисунок 6 – Фотографии видов обезьян, у которых на аутопсиях были выявлены ДДИП: А - макак резус (Macaca mulatta), Б - макак яванский (Macaca fascicularis), В - макак лапундер (Macaca nemestrina), Г - африканская зеленая мартышка (Chlorocebus aethiops ssp.), Д – павиан анубис (Papio Anubis), Е – павиан гамадрил (Papio hamadryas). Фотографии из личного архива авторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Рентгенологическое исследование

На рентгенограммах позвоночника обезьян выявлялись общие для всех исследуемых животных изменения:

1. Клиновидная деформация тел позвонков.
2. Образование по краям суставных поверхностей костных выростов (клювовидные остеофиты), перпендикулярных к замыкательным пластинкам тел позвонков.
3. Замыкательные пластины тел позвонков склерозированы.
4. Неравномерное сужение межпозвонковых дисков.
5. Узлы Шморля.
6. Утолщение и кальцинация передней продольной связки позвоночника.

Некоторые из указанных патологических изменений представлены на рис. 7 А, Б.

Гистологическое исследование

При обзорном морфологическом анализе гистологических микропрепаратов выявлялись общие для всех исследуемых животных изменения:

1. В гиалиновых пластинках определяется неравномерное истончение, очаговое замещение их хрящевой тканью, без признаков функциональной дифференцировки.
2. Формирование хрящевых пролифератов (узлы Шморля) разных размеров и локализаций.
3. Местами гиалиновая пластинка полностью разрушена. В костной ткани позвонков, граничащей с гиалиновыми пластинками, определяются остеосклероз и замещение костного мозга жировой тканью.
4. Обширные участки оссификации передней продольной связки.
5. В местах проникновения хрящевых конгломератов (узлов Шморля) в тело позвонка определяется атрофия и разрушение губчатой кости.

Некоторые из описанных патологических изменений представлены на рис. 7.

Часто у обезьян встречаются дегенеративно-дистрофические изменения в хвостовом отделе (рис.8).

В некоторых наблюдениях прослеживается слияние костных выростов, с образованием крупных конгломератов, приводящих к блокированию двигательной функции сегмента позвоночника (Рис. 9).

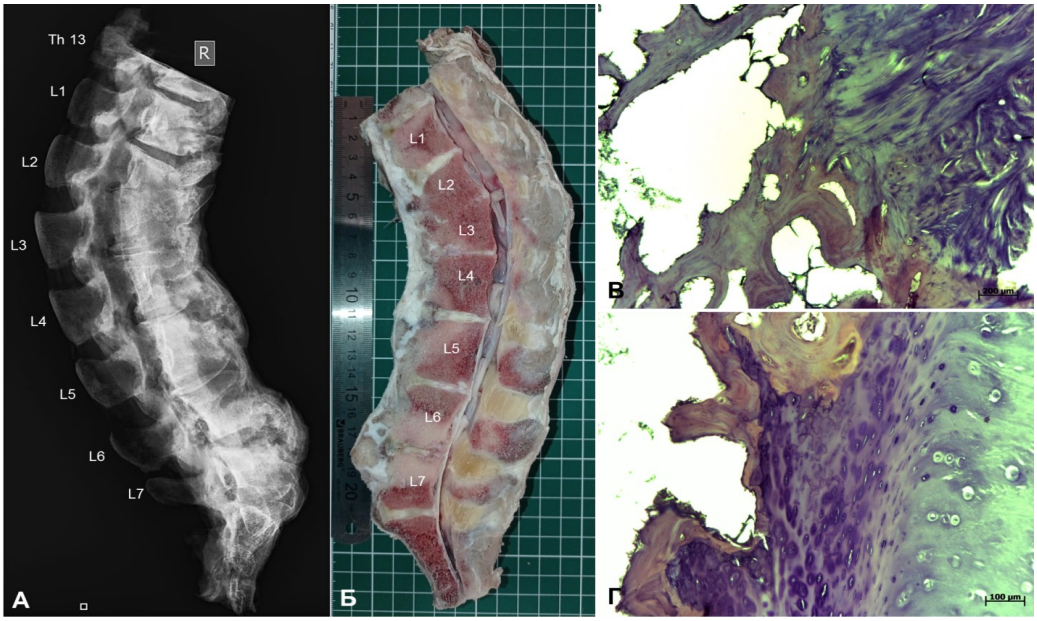


Рисунок 7 – Дегенеративно-дистрофические изменения в ПО и ККО позвоночника у самца павиана гамадрила в возрасте 24 года. А - посмертная рентгенограмма, Б – распил ПО и ККО в медианной плоскости (макропрепарат). Поясничный отдел позвоночника грубо деформирован. Выраженный кифоз в сегментах L1-5. Тела позвонков L1, L2, L3 клиновидно деформированы. Межпозвонковые диски неравномерно сужены. Многочисленные узлы Шморля. Замыкательные пластины тел позвонков склерозированы, с мелкими краевыми остеофитами. На всём протяжении поясничного отдела позвоночника, неравномерное утолщение, кальцинация передней продольной связки позвоночника. Хорошо видны кальцинированные «мостики», перекидывающиеся между телами смежных позвонков над межпозвонковыми дисками. В задней продольной связке позвоночника L3-5 известковые отложения. В, Г – гистологический микропрепарат. Очаговая резорбция костной ткани тела позвонка. Нарушение зональности в строении и склерозирование гиалиновой пластинки межпозвонкового диска. Участки обызвествления хрящевой ткани и пролиферации хондроцитов. Выраженные дистрофические изменения в фиброзном кольце. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение ×50 (В) и ×100 (Г).

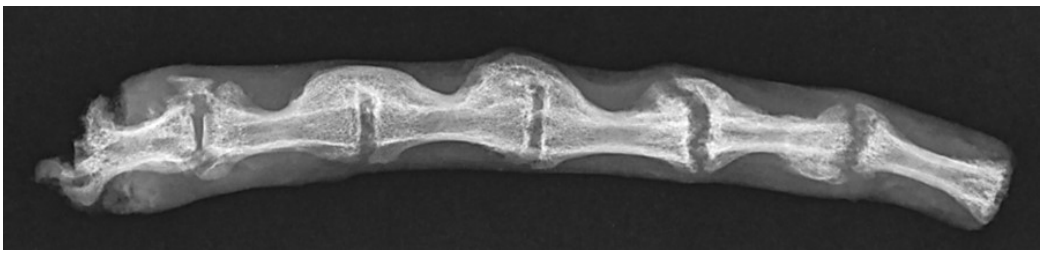


Рисунок 8 – Дегенеративно-дистрофические изменения в хвостовом отделе у самки макака яванского 12 лет. Межпозвонковые диски в соседних сегментах хвоста имеют негомогенную структуру и разную ширину. Внутри дисков выявляются известковые включения неоднородной формы, плотности и толщины. Контуры замыкательных пластин хвостовых позвонков только в одном сегменте чёткие и ровные, а в остальных сегментах они неровные, нечёткие, неравномерно расширенные, с субхондральным склерозированием. Продольные связки между позвонками обызвествлены с образованием грубых клювовидных остеофитов, а местами и сплошных костных мостиков, обхватывающих межпозвонковый диск.

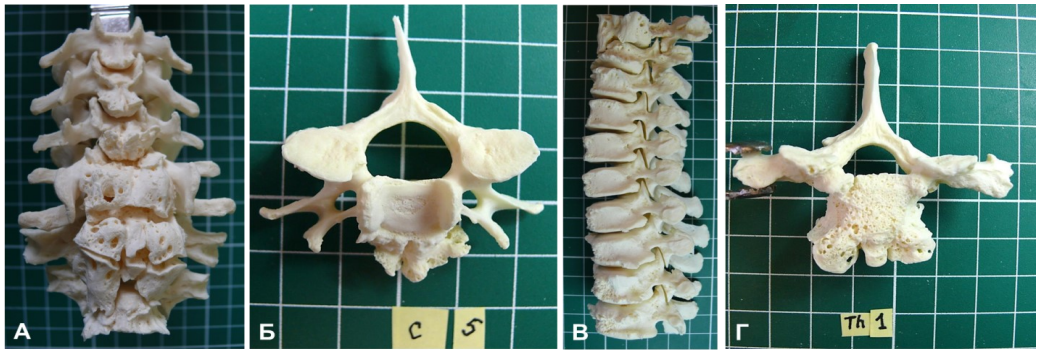


Рисунок 9 – ДДИП в ШО и ГО у самца павиана гамадрила в возрасте 25 лет. Макропрепараты шейного (А, Б) и грудного (В, Г) отделов позвоночника (после водной мацерации и высушивания). Множественные остеофиты тел позвонков, местами формирующие конгломераты.

Таблица 1 – ДДИП по данным аутопсий обезьян разных возрастных групп

Пол	Возрастная группа					Всего
	6–10 лет	11–15 лет	16–20 лет	>21 лет	Тест Кохрана –Армитиджа на тренд	
Macaca spp.						
♀	3,3% (13/155)	3,5% (14/117)	5,3% (21/77)	5,3% (21/51)	p<0,0001	17,3% (69/400)
♂	0,6% (1/54)	7,1% (12/46)	8,3% (14/46)	5,4% (9/22)	p<0,0001	21,4% (36/168)
Оба	2,5% (14/209)	4,6% (26/163)	6,2% (35/123)	5,3% (30/73)	p<0,0001	18,5% (105/568)
Chlorocebus aethiops ssp.						
♀	0% (0/10)	3,4% (1/9)	3,4% (1/5)	6,9% (2/5)	p=0,0324	13,8% (4/29)
♂	–	0% (0/1)	–	–	н/д	0% (0/1)
Оба	0% (0/10)	3,3% (1/10)	3,3% (1/5)	6,7% (2/5)	p=0,0292	13,3% (4/30)
Papio spp.						
♀	1,9% (3/50)	7,5% (12/49)	3,8% (6/28)	7,5% (12/32)	p=0,0012	20,8% (33/159)
♂	4,8% (8/79)	6,7% (11/44)	5,5% (9/27)	4,2% (7/15)	p=0,0002	21,2% (35/165)
Оба	3,4% (11/129)	7,1% (23/93)	4,6% (15/55)	5,9% (19/47)	p<0,0001	21,0% (68/324)
Всего						
♀	2,7% (16/215)	4,6% (27/175)	4,8% (28/110)	6,0% (35/88)	p<0,0001	18,0% (106/588)
♂	2,7% (9/133)	6,9% (23/91)	6,9% (23/73)	4,8% (16/37)	p<0,0001	21,3% (71/334)
Оба	2,7% (25/348)	5,4% (50/266)	5,5% (51/183)	5,5% (51/125)	p<0,0001	19,2% (177/922)

Примечание: в скобках указано абсолютное число случаев, в числителе – с ДДИП, в знаменателе – общее число случаев аутопсий.

С возрастом наблюдается статистически значимое увеличение частоты случаев с ДДИП у всех трех родов обезьян обоего пола. Общая частота выявления обезьян с ДДИП составила 18% среди самок и 21,3% среди самцов изученных возрастных групп. Статистически значимых отличий при сравнении отдельных родов по полу в разных возрастных группах не выявлено. Статистически значимых отличий при сравнении разных возрастных групп разного рода обезьян также не выявлено. В возрастной группе от 6 до 10 лет не было выявлено африканских зелёных мартышек с дегенеративно-дистрофическими изменениями позвоночника. Вероятно, у африканских зелёных мартышек данная патология формируется позже, чем у представителей рода макак. Результаты представлены в таблице 1.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Полученные нами результаты свидетельствуют о большой схожести дегенеративно-дистрофических процессов в позвоночнике у обезьян (изученных в нашей серии исследований) и у людей. Обезьяны подвержены дегенеративно-дистрофическим процессам во всех отделах позвоночника (даже в хвостовом отделе), несмотря на проноградную статику и отсутствие вертикальных нагрузок. Развитие ДДИП у обезьян зависит от возраста, как и у людей: большинство обезьян с такими поражениями являются взрослыми или старыми животными. Морфологические признаки дегенеративно-дистрофических поражений позвоночника идентичны у обезьян и у людей.

Частота обнаружения ДДИП по результатам аутопсий (собственные данные) свидетельствует о возможности использования, исследованных нами видов обезьян, в качестве естественной модели для изучения аналогичной патологии у человека.

MONKEYS AS A MODEL OBJECT FOR STUDYING DEGENERATIVE-DYSTROPHIC ALTERATION IN THE HUMAN SPINE

Oganesyan A.O.[1] – ml. scientific. sotr. Laboratory of Pathological Anatomy of the Kurchatov Complex of Medical Primatology (ORCID 0000-0003-0450-1702); **Panchenko A.V.** [1] – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Molecular Biology of the Kurchatov Complex of Medical Primatology (ORCID 0000-0002-5346-7646); **Kolesnik Yu.A.** [1] - Laboratory assistant researcher of the Laboratory of Pathological Anatomy of the Kurchatov Complex of Medical Primatology (ORCID 0000-0001-9440-5145); **Gubsky I.L.**[2] – Candidate of Medical Sciences, art. scientific. sotr. Neuroregeneration Laboratories (ORCID 0000-0003-1726-6801); **Baklaushev V.P.**[3] – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director General for Scientific Work and Medical Technologies (ORCID 0000-0003-1039-4245); **Ilyazyants D.A.**[1] – Jr. scientific. sotr. laboratories of pathological Anatomy of the Kurchatov Complex of Medical Primatology (ORCID 0000-0002-4681-7783); **Shestakov V.A**.[1] – st cand. Veterinarian of Sciences, art. scientific. sotr. laboratories of pathological anatomy of the Kurchatov Complex of Medical Primatology (ORCID 0000-0002-8090-3423); **Radomskaya E. Yu.**[1] – pathologist of the Laboratory of Pathological Anatomy of the Laboratory of Pathological Anatomy of the Kurchatov Complex of Medical Primatology (ORCID 0000-0002-8590-2198); **Bulgin D.V.**[1] – Candidate of Medical Sciences, Ved. sci. sotr. Laboratory of Pathological Anatomy (ORCID 0000-0003-1739-8505).

[1] Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre «Kurchatov Institute»

[2] Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia

[3] Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia

***** j.kolesnick2010@yandex.ru

Financing. *The work was carried out within the framework of the State assignment National Research Centre «Kurchatov Institute».*

ABSTRACT

Degenerative-dystrophic alteration in the spine (DDAS) is a chronic progressive pathology characterized by changes in the intervertebral discs, joints, ligaments, and bone tissue of the vertebrae; manifested by severe orthopedic, neurological and visceral disorders. Obtaining and comprehensively studying animal models of DDAS is important for the development of methods for the prevention and treatment of this pathology in humans. An ideal animal model of DDAS should have morphological manifestations and biomechanical characteristics similar to humans. Monkeys are the only species of experimental animals that are closest to humans in their anatomical, physiological and genetic characteristics; they are considered «laboratory doubles» of humans and are of particular interest to researchers. The monkeys are very similar to humans in the structure of the spine and motor behavior. Our results indicate a great similarity of degenerative-dystrophic processes in the spine in monkeys and in humans. Monkeys are susceptible to degenerative-dystrophic processes in all parts of the spine (even in the caudal region), despite pronograde statics and the absence of vertical loads. The development of DDAS in monkeys is age dependent, as is the case in humans: most monkeys with such lesions are adults or geriatric animals. The frequency of detection of DDAS based on autopsy results (our own data) and similar pathological changes in the spine at macro- and microscopic levels indicate the possibility of using the monkey species we studied as a natural model for studying similar pathology in humans.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шпагин М.В., Яриков А.В., Назмеев И.А., Горелов С.А., Фраерман А.П. Опыт денервации дугоотростчатых суставов поясничного отдела позвоночника. Хирургия позвоночника. 2019;16(1):57–62. doi: 10.14531/ss2019.1.57-62.

2. Гаманович А.И., Кулеш С.Д. Неврологические проявления дегенеративно - дистрофических поражений пояснично - крестцового отдела позвоночника. Медицинские новости. 2023;340(1):10-14.

3. Подымова И.Г., Данилов А.Б. Фасет-синдром. Русский медицинский журнал.2014; 22(32):47–50.

4. Рамих Э. А. Краткий очерк анатомо-функциональных особенностей позвоночника. Хирургия позвоночника. 2007;2:77-95.

5. Nachemson AL. Newest knowledge of low back pain. A critical look. Clin Orthop Relat Res. 1992 Jun;(279):8-20.

6. Boos N, Weissbach S, Rohrbach H, Weiler C, Spratt KF, Nerlich AG. Classification of age-related changes in lumbar intervertebral discs: 2002 Volvo Award in basic science. Spine (Phila Pa 1976). 2002 Dec 1;27(23):2631-44. doi: 10.1097/00007632-200212010-00002.

7. Raj PP. Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment. Pain Pract. 2008 Jan-Feb;8(1):18-44. doi: 10.1111/j.1533-2500.2007.00171.x.

8. Fine N, Lively S, Séguin CA, Perruccio AV, Kapoor M, Rampersaud R. Intervertebral disc degeneration and osteoarthritis: a common molecular disease spectrum. Nat Rev Rheumatol. 2023 Mar;19(3):136-152. doi: 10.1038/s41584-022-00888-z.

9. Urban JP, Roberts S. Development and degeneration of the intervertebral discs. Mol Med Today. 1995 Oct;1(7):329-35. doi: 10.1016/s1357-4310(95)80032-8.

10. Choi YS. Pathophysiology of degenerative disc disease. Asian Spine J. 2009 Jun;3 (1):39-44. doi: 10.4184/asj.2009.3.1.39.

11. Palepu V, Kodigudla M, Goel VK. Biomechanics of disc degeneration. Adv Orthop. 2012;2012:726210. doi: 10.1155/2012/726210.

12. Garfin Sr, Herkowitz H. Lumbar disc degeneration: normal aging or a disease process? In: Wiesel SW, Weinstein JN, Herkowitz H, Dvorak J, Bell G., editors. The lumbar spine. Philadelphia: WB Saunders;1996. p 458–473.

13. Benoist M. Natural history of the aging spine. Eur Spine J. 2003 Oct;12 Suppl 2 (Suppl 2):S86-9. doi: 10.1007/s00586-003-0593-0.

14. Lyu FJ, Cui H, Pan H, Mc Cheung K, Cao X, Iatridis JC, Zheng Z. Painful inter-

vertebral disc degeneration and inflammation: from laboratory evidence to clinical interventions. Bone Res. 2021 Jan 29;9(1):7. doi: 10.1038/s41413-020-00125-x.
15. Weiler C, Nerlich AG, Zipperer J, Bachmeier BE, Boos N. 2002 SSE Award Competition in Basic Science: expression of major matrix metalloproteinases is associated with intervertebral disc degradation and resorption. Eur Spine J. 2002 Aug;11(4):308-20. doi: 10.1007/s00586-002-0472-0.
16. Roberts S, Evans H, Trivedi J, Menage J. Histology and pathology of the human intervertebral disc. J Bone Joint Surg Am. 2006 Apr;88 Suppl 2:10-4. doi: 10.2106/JBJS.F.00019.
17. Singh K, Masuda K, An HS. Animal models for human disc degeneration. Spine J. 2005;5:S267-S279. doi: 10.1016/j.spinee.2005.02.016.
18. Vincent K, Mohanty S, Pinelli R, Bonavita R, Pricop P, Albert TJ, et al. Aging of mouse intervertebral disc and association with back pain. Bone. 2019 Jun;123:246-259. doi: 10.1016/j.bone.2019.03.037.
19. Alini M, Eisenstein SM, Ito K, Little C, Kettler AA, Masuda K, et al. Are animal models useful for studying human disc disorders/degeneration? Eur Spine J. 2008 Jan;17 (1):2-19. doi: 10.1007/s00586-007-0414-y.
20. Goel SA, Varghese V, Demir T. Animal models of spinal injury for studying back pain and SCI. J Clin Orthop Trauma. 2020 Sep-Oct;11(5):816-821. doi: 10.1016/j.jcot.2020.07.004.
21. Lee NN, Salzer E, Bach FC, Bonilla AF, Cook JL, Gazit Z, et al. A comprehensive tool box for large animal studies of intervertebral disc degeneration. JOR Spine. 2021 Jun 14;4(2):e1162. doi: 10.1002/jsp2.1162.
22. Poletto DL, Crowley JD, Tanglay O, Walsh WR, Pelletier MH. Preclinical in vivo animal models of intervertebral disc degeneration. Part 1: A systematic review. JOR Spine. 2022 Dec 20;6(1):e1234. doi: 10.1002/jsp2.1234.
23. Hickman TT, Rathan-Kumar S, Peck SH. Development, Pathogenesis, and Regeneration of the Intervertebral Disc: Current and Future Insights Spanning Traditional to Omics Methods. Front Cell Dev Biol. 2022 Mar 11;10:841831. doi: 10.3389/fcell.2022.841831.
24. Lim KZ, Daly CD, Ghosh P, Jenkin G, Oehme D, Cooper-White J, Naidoo T, Goldschlager T. Ovine Lumbar Intervertebral Disc Degeneration Model Utilizing a Lateral Retroperitoneal Drill Bit Injury. J Vis Exp. 2017 May 25;(123):55753. doi: 10.3791/55753.
25. Лапин Б.А., Джикидзе Э.К., Фридман Э.П. Руководство по медицинской приматологии. М.; Медицина, 1987: 192 с.
26. Oichi T, Taniguchi Y, Oshima Y, Tanaka S, Saito T. Pathomechanism of intervertebral disc degeneration. JOR Spine. 2020 Feb 13;3(1):e1076. doi: 10.1002/jsp2.1076.
27. Wang J, Zhu P, Pan X, Yang J, Wang S, Wang W, et al. Correlation between motor behavior and age-related intervertebral disc degeneration in cynomolgus monkeys. JOR Spine. 2022 Jan 1;5(1):e1183. doi: 10.1002/jsp2.1183.
28. Lauerman WC, Platenberg RC, Cain JE, Deeney VF. Age-related disk degeneration: preliminary report of a naturally occurring baboon model. J Spinal Disord. 1992 Jun;5 (2):170-4.
29. Bailey JF, Fields AJ, Liebenberg E, Mattison JA, Lotz JC, Kramer PA. Comparison of vertebral and intervertebral disc lesions in aging humans and rhesus monkeys. Osteoarthritis Cartilage. 2014 Jul;22(7):980-5. doi: 10.1016/j.joca.2014.04.027.
30. Simmons HA. Age-Associated Pathology in Rhesus Macaques (Macaca mulatta). Vet Pathol. 2016 Mar;53(2):399-416. doi: 10.1177/0300985815620628.

REFERENCES

1. Shpagin M.V., Yarikov A.V., Nazmeev I.A., Gorelov S.A., Fraerman A.P. The experience of denervation of facet joints in the lumbar spine. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2019; 16 (1):57-62. https://doi.org/10.14531/ss2019.1.57-62
2. Gamanovich A.I., Kulesh S.D. Nevrologicheskie proyavleniya degenerativno - distroficheskih porazhenij poyasnichno - krestcovogo otdela pozvonochnika. Medicin-

skie novosti. 2023;340(1):10-14.
3. Podymova I.G., Danilov A.B. Faset-sindrom. Russkij medicinskij zhurnal.2014; 22(32):47–50.
4. Ramih E. A. Kratkij ocherk anatomo-funkcional'nyh osobennostej pozvonochnika. Hirurgiya pozvonochnika. 2007;2:77-95.
5. Nachemson AL. Newest knowledge of low back pain. A critical look. Clin Orthop Relat Res. 1992 Jun;(279):8-20.
6. Boos N, Weissbach S, Rohrbach H, Weiler C, Spratt KF, Nerlich AG. Classification of age-related changes in lumbar intervertebral discs: 2002 Volvo Award in basic science. Spine (Phila Pa 1976). 2002 Dec 1;27(23):2631-44. doi: 10.1097/00007632-200212010-00002.
7. Raj PP. Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment. Pain Pract. 2008 Jan-Feb;8(1):18-44. doi: 10.1111/j.1533-2500.2007.00171.x.
8. Fine N, Lively S, Séguin CA, Perruccio AV, Kapoor M, Rampersaud R. Intervertebral disc degeneration and osteoarthritis: a common molecular disease spectrum. Nat Rev Rheumatol. 2023 Mar;19(3):136-152. doi: 10.1038/s41584-022-00888-z.
9. Urban JP, Roberts S. Development and degeneration of the intervertebral discs. Mol Med Today. 1995 Oct;1(7):329-35. doi: 10.1016/s1357-4310(95)80032-8.
10. Choi YS. Pathophysiology of degenerative disc disease. Asian Spine J. 2009 Jun;3 (1):39-44. doi: 10.4184/asj.2009.3.1.39.
11. Palepu V, Kodigudla M, Goel VK. Biomechanics of disc degeneration. Adv Orthop. 2012;2012:726210. doi: 10.1155/2012/726210.
12. Garfin Sr, Herkowitz H. Lumbar disc degeneration: normal aging or a disease process? In: Wiesel SW, Weinstein JN, Herkowitz H, Dvorak J, Bell G., editors. The lumbar spine. Philadelphia: WB Saunders;1996. p 458–473.
13. Benoist M. Natural history of the aging spine. Eur Spine J. 2003 Oct;12 Suppl 2 (Suppl 2):S86-9. doi: 10.1007/s00586-003-0593-0.
14. Lyu FJ, Cui H, Pan H, Mc Cheung K, Cao X, Iatridis JC, Zheng Z. Painful intervertebral disc degeneration and inflammation: from laboratory evidence to clinical interventions. Bone Res. 2021 Jan 29;9(1):7. doi: 10.1038/s41413-020-00125-x.
15. Weiler C, Nerlich AG, Zipperer J, Bachmeier BE, Boos N. 2002 SSE Award Competition in Basic Science: expression of major matrix metalloproteinases is associated with intervertebral disc degradation and resorption. Eur Spine J. 2002 Aug;11(4):308-20. doi: 10.1007/s00586-002-0472-0.
16. Roberts S, Evans H, Trivedi J, Menage J. Histology and pathology of the human intervertebral disc. J Bone Joint Surg Am. 2006 Apr;88 Suppl 2:10-4. doi: 10.2106/JBJS.F.00019.
17. Singh K, Masuda K, An HS. Animal models for human disc degeneration. Spine J. 2005;5:S267-S279. doi: 10.1016/j.spinee.2005.02.016.
18. Vincent K, Mohanty S, Pinelli R, Bonavita R, Pricop P, Albert TJ, et al. Aging of mouse intervertebral disc and association with back pain. Bone. 2019 Jun;123:246-259. doi: 10.1016/j.bone.2019.03.037.
19. Alini M, Eisenstein SM, Ito K, Little C, Kettler AA, Masuda K, et al. Are animal models useful for studying human disc disorders/degeneration? Eur Spine J. 2008 Jan;17 (1):2-19. doi: 10.1007/s00586-007-0414-y.
20. Goel SA, Varghese V, Demir T. Animal models of spinal injury for studying back pain and SCI. J Clin Orthop Trauma. 2020 Sep-Oct;11(5):816-821. doi: 10.1016/j.jcot.2020.07.004.
21. Lee NN, Salzer E, Bach FC, Bonilla AF, Cook JL, Gazit Z, et al. A comprehensive tool box for large animal studies of intervertebral disc degeneration. JOR Spine. 2021 Jun 14;4(2):e1162. doi: 10.1002/jsp2.1162.
22. Poletto DL, Crowley JD, Tanglay O, Walsh WR, Pelletier MH. Preclinical in vivo animal models of intervertebral disc degeneration. Part 1: A systematic review. JOR Spine. 2022 Dec 20;6(1):e1234. doi: 10.1002/jsp2.1234.
23. Hickman TT, Rathan-Kumar S, Peck SH. Development, Pathogenesis, and Regeneration of the Intervertebral Disc: Current and Future Insights Spanning Traditional to Omics Methods. Front Cell Dev Biol. 2022 Mar 11;10:841831. doi: 10.3389/

fcell.2022.841831.
24. Lim KZ, Daly CD, Ghosh P, Jenkin G, Oehme D, Cooper-White J, Naidoo T, Goldschlager T. Ovine Lumbar Intervertebral Disc Degeneration Model Utilizing a Lateral Retroperitoneal Drill Bit Injury. J Vis Exp. 2017 May 25;(123):55753. doi: 10.3791/55753.
25. Lapin B.A., Dzhikidze E.K., Fridman E.P. Rukovodstvo po medicinskoj primatologii. M.; Medicina, 1987: 192 s.
26. Oichi T, Taniguchi Y, Oshima Y, Tanaka S, Saito T. Pathomechanism of intervertebral disc degeneration. JOR Spine. 2020 Feb 13;3(1):e1076. doi: 10.1002/jsp2.1076.
27. Wang J, Zhu P, Pan X, Yang J, Wang S, Wang W, et al. Correlation between motor behavior and age-related intervertebral disc degeneration in cynomolgus monkeys. JOR Spine. 2022 Jan 1;5(1):e1183. doi: 10.1002/jsp2.1183.
28. Lauerman WC, Platenberg RC, Cain JE, Deeney VF. Age-related disk degeneration: preliminary report of a naturally occurring baboon model. J Spinal Disord. 1992 Jun;5 (2):170-4.
29. Bailey JF, Fields AJ, Liebenberg E, Mattison JA, Lotz JC, Kramer PA. Comparison of vertebral and intervertebral disc lesions in aging humans and rhesus monkeys. Osteoarthritis Cartilage. 2014 Jul;22(7):980-5. doi: 10.1016/j.joca.2014.04.027.
30. Simmons HA. Age-Associated Pathology in Rhesus Macaques (Macaca mulatta). Vet Pathol. 2016 Mar;53(2):399-416. doi: 10.1177/0300985815620628.

УДК: 577.1:612.1:639.211.3.043
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.301

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЫВОРОТКИ КРОВИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАЦИОНАХ КОРМЛЕНИЯ

Карпенко Л.Ю.[1] – д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии; **Сидорова Н.А.**[2] – канд. биол. наук, доц., доп. каф. зоологии и экологии; **Полистовская П.А.**[1] – канд. биол. наук, доц. каф. биохимии и физиологии; **Бахта А.А.**[1] – канд. биол. наук, доц., доц. каф. биохимии и физиологии; **Савушкин А.И.**[2] – науч. сотр.; **Никонов И.Н.**[1] – канд. биол. наук, ст. науч. сотр.

*l.u.karpenko@mail.ru

[1] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»
[2] ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

***Ключевые слова*:** *аквакультура, биохимический состав сыворотки крови, продукционные комбикорма, радужная форель.*
***Keywords*:** *aquaculture, biochemical composition of blood serum, food additives, rainbow trout.*

Финансирование: *исследование выполнено при поддержке гранта российского научного фонда № 322-23 (Соглашение № 23-16-20026), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).*

Поступила: 03.06.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Рациональное и эффективное кормление объектов аквакультуры относится к одной из основ производства продукции при высокопродуктивном рыбоводстве. Целью выполненного исследования стало сравнение состава продукционных комбикормов для объектов аквакультуры и изучение влияния комбикормов на биохимические показатели сыворотки крови радужной форели. Для выполнения цели исследования отобрано 10 групп радужной форели (Parasalmo mykiss (Walbaum, 1792) породы «Рофор»), выращенной в производственных условиях садковых хозяйств Карелии. В сыворотке крови исследуемых особей определяли аланинтрансферазу аспартатаминотрансферазу, щелочную фосфатазу, общий белок, альбумины, креатинин, мочевину, глюкозу, общий билирубин и общий холестерин. Полученный результат имеет важное практическое значение поскольку при избыточном поступлении углеводов у этих рыб развивается синдром перегрузки печени гликогеном из-

за недостаточного продуцирования инсулина. Поэтому оптимальное содержание углеводов для них составляет 20–30 %, в том числе клетчатки 5–6 %. При этом лучше используются моносахара – глюкоза, фруктоза, манноза, несколько хуже – дисахариды и крахмал, а целлюлоза расщепляется только на 10–20 % от потребленной. Кроме того, необходимо учитывать, что форель как холоднолюбивая рыба не может использовать углеводы в том объеме, как теплолюбивые объекты аквакультуры поэтому в целях сбережения белка, который может использоваться на энергетические цели в их рационы необходимо дополнительно вводить жиры. Однако, в исследуемых комбикормах данный компонент не соответствовал нормативам ГОСТа. Результаты выполненных исследований могут быть использованы для оптимизации состава продукционных комбикормов для радужной форели и регистрации фоновых ихтиогематологических критериев качества содержания высокопродуктивных аквакультурных видов.

ВВЕДЕНИЕ/INTRODUCTION

В настоящее время, во избежания ограничений по реализации продуктивного потенциала аквакультурных видов, все большее внимание акцентируется на разработке научно-технических решений для коррекции лимитирующих факторов пищевых потребностей рыб [1,2,3,4]. Создаются комбикорма, состав которых направлен на соответствие биологическим особенностям объекта выращивания и задачам культивирования [5,6,7]. При разработке и оптимизации рецептур учитывается востребованность в белках [8], поведенческие особенности, этап развития и характер роста рыбы, условия содержания, особенности метаболизма и обмена веществ [9,10]. Также принимаются во внимание интенсивность и специфичность действия пищеварительных ферментов, особенность моторики желудка, кишечника [11], результаты молекулярного анализа генов, ответственных за всасывание в кишечнике α-аминокислот, ди- и трипептидов [12]. С учетом того, что пищевая ценность кормов может оцениваться как с биологических, так и физиологических позиций учитывается, что корм должен быть доступным по размерам и находиться в необходимой концентрации, рыба могла его потреблять без значительных затрат энергии; находиться в местах, доступных для рыбы и в то время, когда она испытывает в нем потребность. С физиологической позиции, корм должен быть приемлемым по вкусу и цвету, иметь химически полноценную структуру, легко перевариваться и усваиваться в максимальных количествах и обеспечивать все энергетические и пластические потребности организма, его максимальную скорость роста при нормальном развитии.

При изменении состава комбикормов и возникновении дефицита питательных веществ в рационе рыб применяют диагностические маркеры отклонений от физиологической нормы и прогнозирования здоровья культивируемых видов, к которым относят и показатели крови [13]. Данные по морфологии клеток крови и биохимическому составу сыворотки применяют для изучения реакций рыб на стресс [14,15], соматические и инфекционные заболевания [16], токсины, паразитарные инвазии [17,18]. Показатели сыворотки крови используют также при изучении влияния на рыб добавок к комбикормам в виде витаминов, хелатированных микроэлементов и пробиотических бактерий *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* [19]. Установлено, что витамины, микроэлементы и пробиотики в составе комбикормов могут вызывать повышение в сыворотке общего белка, альбуминов и иммуноглобулинов. Включение в рацион молоди радужной форели люпина белого, приводит к изменению содержания в сыворотки аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), щелочной фосфатазы (ALP), амилазы, креатинина, мочевины, билирубина, глюкозы и общего белка. Динамику исследованных биохимических параметров крови авторы объясняют не только действием биодобавки, но и возрастом форели [20]. Показатели сыворотки крови годовиков радужной форели проанализированы в зависимости

от поступления в организм йода, ковалентно связанного с молекулами белка кормовых дрожжей [21]. Йод в составе кормовой добавки «ОМЭК-J» (ООО «Биоамид», Саратов) добавляли к экструдированному корму в дозах 300 мг и 350 мг на 1 кг массы рыбы в течение 147 суток. По истечении эксперимента в сыворотке крови контрольной и опытных групп оценивали содержание билирубина, общего белка, АЛТ, АСТ, глюкозы, мочевины, кальция, фосфора, уровень тиреотропных гормонов. Благодаря выполненному биохимическому исследованию сыворотки крови доказано, что органический йод, как добавка к комбикормам, не вызывает негативного влияния на гематологические показатели, а уровень тиреотропных гормонов находится в прямой зависимости от количества введенной в корм добавки «ОМЭК-J». Изучено влияние на некоторые биохимические показатели крови радужной форели двух вариантов комбикормов с разным содержанием протеина – CRYSTAL, производства Alltech Coppens (протеина 42.65 %) и Basic PL 45/20 A50 производства БНБК (Белорусская национальная биотехнологическая корпорация) (протеина 45.81 %). В условиях выращивания форели в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) обнаружена прямая зависимость между содержанием протеина в корме и общего белка в сыворотке исследуемых особей. При уровне протеина в корме 42.65% содержание общего белка в сыворотке крови составило 32.70%, а при 45.81% - увеличилось до 43.73%. При использовании комбикорма с более высоким содержанием протеина, кроме изменений в биохимическом составе крови радужной форели, было отмечено и отклонение в гидрохимическом режиме УЗВ [22].

Таким образом, можно заключить, что реакция рыбы на различные компоненты комбикормов, как правило, оценивается комплексно с привлечением разнообразных гематологических показателей [23]. Доказано, что химические и физические параметры крови являются чувствительными маркерами здоровья рыбы поскольку быстро реагируют на изменения окружающей среды и могут служить ранними индикаторами стресса [24, 25, 26]. В сыворотке крови рыб, как правило, определяют содержание общего белка, глюкозы, мочевины, креатинина и холестерина. Общий уровень белка даёт представление об эффективности кормления рыбы и ее общем метаболическом статусе. Уровень глюкозы в крови считается наглядным индикатором состояния здоровья и эффективности усвоения углеводов, содержащихся в комбикормах. Функцию почек и активность метаболизма отражают значения мочевины и креатинина, а изменение уровня холестерина позволяет оценить не только здоровье рыбы и активность метаболизма, но и эффективность кормления.

Основная цель представленного исследования связана с выполнением сравнительного анализа состава продукционных комбикормов для радужной форели и изучением их влияния на биохимический состав сыворотки крови.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для выполнения цели исследования было отобрано по 10 групп внешне здоровых особей радужной форели (*Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792) породы «Рофор»), выращенных в производственных условиях садковых хозяйств Карелии и получающих в качестве основного рациона один из исследуемых вариантов комбикорма (табл. 2). Отобранные особи радужной форели были в возрасте 1+, средней массой 292.5±25.5 г. На момент исследования (июль-август 2023 года) гидрологические и гидрохимические показатели в районе функционирования садковых модулей в основном соответствовали технологическим нормам и рыбохозяйственным ПДК, рекомендованным для выращивания форели (табл. 1).

Выбранные комбикорма оценивали на соответствие ГОСТу 10385-2014 Комбикорма для рыб. Общие технические условия [27].

Биохимический состав сыворотки

крови анализировали по 10 показателям: аланинтрансфераза (АЛТ), аспартатаминотрансфераза (АСТ), щелочная фосфатаза, общий белок, альбумины, креатинин, мочевина, глюкоза, общий билирубин, общий холестерин [28]. Все исследования выполняли согласно международным этическим стандартом, изложенным в Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в других научных целях, а также согласно требованиям, изложенным в Приказе Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 № 755 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных» и других нормативных документах, включая заключение Комитета по этике в области исследований на животных Петрозаводского государственного университета № 274 от 7 мая 2020 года.

Перед отбором крови для уменьшения стресса, рыбу в контейнерах анестезировали гвоздичным маслом (Caryophylli floris aetheroleum) в течение 2-3 мин до признаков потери координации. Кровь у рыбы отбирали при помощи вакуумных пробирок Improvacuter (Guangzhou Improve Medical Instruments, Китай) согласно установленной методике [29]. Для проведения биохимических анализов использовали пробирки эппендорф без антикоагулянта, куда вносили 1.5 мл крови и готовили сыворотку. Для получения сыворотки цельную кровь центрифугировали 10 мин при 350–400 g (1500 об/мин) на центрифуге-миксер «Elmi» (Латвия). Определение биохимических показателей полученных образцов сыворотки крови проводили согласно рекомендованным в рыбоводстве методам исследования [30,31,32,33].

Анализ полученных данных выполняли с использованием методов описательной статистики [34] и обработки экспериментальных данных в MS Excel [35].

Таблица 1 – Гидрологические и гидрохимические показатели среды выращивания форели

Параметр	Диапазон	Среднее значение	Технологическая норма*
Температура воды, ° С	17.2 – 21.3	17.9 ± 1.1	до 20
Прозрачность, м	6.9 – 11.2	9.3 ± 0.5	не < 1.5
pH	6.4 –7.2	6.7 ± 0.1	7.0 – 8.0
O_2, г/м^3	8.3 – 11.7	9.4 ± 0.3	не ниже 9.0
NH_3, г/м^3	0.01 – 0.05	0.03 ± 0.004	0.05
			Рыбохозяйственная ПДК*
$БПК_5$, гO_2/м^3	1.2 – 3.4	2.2 ± 0.2	2
$БПК_{20}$, гO_2/м^3	2.1 – 4.5	3.2 ± 0.2	3

** Требования форели к химическому составу воды и ПДК вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов (ОСТ 15.372-87)*

Таблица 2 – Состав исследуемых вариантов комбикорма

№	Наименование	Состав комбикорма									
		сырой протеин, %	сырой жир, %	сырая зола, %	сырая клетчатка, %	углеводы, %	P, %	Ca, %	Na, %	астаксантин, мг/кг	витамины
1	ALLER AQUA / Bancom Trout AM размер гранул 6.5 мм (Сербия, эксклюзивный дистрибьютор ООО «А-Соль», Санкт-Петербург)	40.0	28.0	5.6	2.1	18.4	1.0	н/д*	н/д	40.0	н/д
2	ФОРЕЛЬ Р 45/24 ПИГМЕНТ размер гранул 6.5 мм ООО «РусМодусФид» (Россия, Республика Северная Осетия – Алания)	45.0	24.0	6.0	1.5	17.5	н/д	н/д	н/д	н/д	A - 10000 МЕ D3 - 3000 МЕ E - 200 мг C - 280 мг
3	Полнорационный корм для форели GUMUSDOGA размер гранул 6 мм (Турция)	40.0	25.0	7.0	2.0	18.2	0.9	1.6	0.3	70.0	A - 12000 МЕ D3 - 2500 МЕ E - 250 мг C - 200 мг
4	Полнорационный корм для форели MOYFEED размер гранул 6 мм (Турция)	41.0	24.0	3.5	2.5	16.4	1.3	2.0	0.2	70.0	A - 8000 МЕ D3 - 3000 МЕ E - 250 мг C - 500 мг
5	Полнорационный корм для форели AQUANORM размер гранул 6 мм (Турция)	41.0	24.0	3.0	2.0	17.2	1.3	2.0	0.2	50.0	A - 12000 МЕ D3 - 2500 МЕ E - 250 мг

6	DiBaQ Solution Energy R 560 7 ООО «Велес» (Россия, Всеволожск)	42.0	28.0	7.0	1.8	11.5	1.2	1.6	Cu -1.5ppm Zn -50ppm Mg - 57 ppm Fe - 2 ppm Mn - 15 ppm I - 5 ppm Se - 0.2 ppm	60.0	A - 7500 МЕ D3 - 1000 МЕ E - 150 мг C - 160 мг
7	Coppens Supreme Astax Размер гранул 6 мм (Германия)	44.0	23.0	9.0	2.0	17.8	0.96	н/д	н/д	н/д	A – 9067 МЕ	
8	Noreg 6	45.0	25.0	7.0	2.8	18.0	0.9	н/д	н/д	н/д	н/д	
9	Экструдированный корм для форели: аквакультура, рецепт Форель 42/27 А 50 размер гранул 6 мм (Россия, Белгородская обл., Щебекино ООО «Лимкорм»)	42.0	27.0	7.0	2.0	11.5	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	
10	Manana Fish 6.5 (Армения, «Modus Granum»)	41.0	23.0	6.5	1.2	17.0	1.3	н/д	н/д	н/д	A - 10000 МЕ D3 - 3000 МЕ E - 200 мг C - 280 мг	
	Норма, %	42.0	12.0	10.0	3.0	25	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	

н\д – нет данных

РЕЗУЛЬТАТЫ /RESULTS

Благодаря сравнительному анализу состава продукционных кормов для радужной форели установлено, что основными компонентами комбикорма являются рыбная мука, рыбий жир, минерально-витаминный комплекс, астаксантин. Содержание сырого протеина, сырой клетчатки, фосфора и углеводов не соответствовало ГОСТу 10385-2014 Комбикорма для рыб [27]. В среднем, относительное содержание сырого протеина оказалось ниже нормы в 1.2-1.3 раза, а количество сырого жира превышало норму в 1.6 – 2 раза. Наиболее приближенными к норме по содержанию сырого жира оказались образцы комбикорма ALLER AQUA / Bancom Trout AM (производства Сербии), ФОРЕЛЬ Р 45/24 ПИГМЕНТ (производства России), полнорационный корм для форели GUMUSDOGA, AQUANORM и MOYFEED (производства Турции). По сырой клетчатке показатели оказались самыми отрицательными, т.к. оказались ниже нормы в 2-4.6 раз. Наибольшее отклонение от нормы установлено для комбикорма Manana Fish 6.5 (производства Армении). При анализе содержания фосфора показатели оказались ниже нормы в 1.2-1.7 раз, а при анализе содержания углеводов в 0.5-1.4 раза, что позволяет констатировать ситуацию по содержанию углеводов наиболее благоприятную для имеющегося рациона радужной форели. Среди микроэлементов в исследуемых образцах корма обнаружены железо, марганец, селен, йод (содержание в пределах 90–0.01 мг/кг). Такие элементы, как медь, цинк и кобальт, необходимые для поддержания коллоидного состояния белков, повышения активности биологических веществ, в составе исследуемых образцах корма - отсутствовали.

Результаты исследования биохимического состава сыворотки крови радужной форели при использовании проанализированных рационов кормления представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Биохимические показатели сыворотки крови радужной форели *(M±m)*

Показатель	Варианты корма				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
АЛТ, МЕ\л	8,15±0,5	9,10±0,4	9,35±0,35	7,46±0,5	8,16±0,2
АСТ, МЕ\л	215,8±52,8	326,5±61,7	225,8±51,4	401,3±69,4	213,5±49,6
ЩФ, МЕ\л	39,65±1,25	41,56±1,3	43,48±1,35	32.15±1,25	40,21±1,1
Общий белок, г/л	39,6 ±0,56	38,5 ±0,79	35,36 ±0,67	31,2 ±0,44	32,1 ±0,69
Альбумины, г/л	10,89±0,43	12,01 ±0,41	11,86 ±0,29	10,05±0,25	11,04 ±0,25
Креатинин, мкмоль/л	66,05 ±0,84	66,34 ±0,83	70,05 ±0,2	61,05 ±0,74	50,48 ±0,77
Мочевина, ммоль/л	1,82 ±0,13	1,7 ±0,08	1,78 ±0,04	1,02 ±0,90	1,1 ±0,04
Глюкоза, ммоль/л	5,61 ±0,31	5,43 ±0,06	5,68 ±0,43	4.18 ±0,26	4,17 ±0,04
Билирубин, мкмоль	0,68±0,001	0,79±0,001	0,68±0,001	0,32±0,001	0,39±0,001
Холестерин, ммоль/л	0,073±0,003	0,07±0,002	0,06±0,003	0,05±0,002	0,04±0,001
Показатель	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
АЛТ, МЕ\л	7.22±0,4	5,12±0,2	6,35±0,22	4,59±0,2	5,43±0,2
АСТ, МЕ\л	411,8±62,7	314,5±61,3	321,4±65,3	221,8±52,6	247,4±59,3
ЩФ, МЕ\л	31,00±1,10	32,18±1,1	32,19±1,0	23,12±0,6	32,42±0,68
Общий белок, г/л	32,4 ±0,42	27,2 ±0,48	23,17 ±0,32	22,7 ±0,29	21,8 ±0,23
Альбумины, г/л	7,48±0,25	9,24 ±0,15	9,12 ±0,80	9,12±0,10	10,89 ±0,16
Креатинин, мкмоль/л	34,12 ±0,56	45,23 ±0,26	56,12 ±0,4	34,12 ±0,29	43,11 ±0,69
Мочевина, ммоль/л	1,10 ±0,90	1,1 ±0,03	1,23±0,02	1,01 ±0,45	0,8 ±0,01
Глюкоза, ммоль/л	3,12 ±0,22	4,15 ±0,03	4,12 ±0,09	2,17 ±0,14	1,11 ±0,02
Билирубин, мкмоль/л	0,34±0,001	0,42±0,001	0,34±0,001	0,17±0,001	0,29±0,001
Холестерин, ммоль/л	0,03±0,001	0,05±0,001	0,07±0,005	0,03±0,001	0,03±0,001

Показатели, характеризующих состояние печени (билирубин, активность АЛТ, АСТ, ЩФ) у исследуемых групп радужной форели не отличались от референсных значений (АЛТ – 8-21 МЕ/л, АСТ – 235-713 МЕ/л), что указывает на отсутствие гепатотоксического эффекта при использовании указанных рационов.

Содержание общего белка в сыворотке крови исследуемых групп радужной форели изменялись от 21,8 г/л (рацион 10 на основе комбикорма Manana Fish 6.5) до 39 г/л (рацион 1, комбикорм ALLER AQUA). В вариантах использования комбикормов под номерами с 7 по 10 содержание общего белка в сыворотке крови радужной форели оказалось меньше 30 г/л, что позволяет констатировать нарушение белкового обмена [36]. Фракция альбуминов изменялась в диапазоне от 7.48 г/л (применение комбикорма под маркой DiBaQ Solution Energy) до 12,01 г/л (в варианте применения комбикорма ФОРЕЛЬ Р 45/24 ПИГМЕНТ).

Однако, рассматривая показатели азотного обмена, стоит также отметить, что при тенденции к некоторому снижению показателей концентрации мочевины в сыворотке крови рыб опытных групп (в среднем на 2,2% соответственно) наблюдается незначительное повышение общего белка и альбуминов (рассмотрено выше). Все вышеуказанное может свидетельствовать о включении альбуминов в анаболические процессы и снижение потерь азота с мочевиной.

Рыбы усваивают углеводы только в виде моносахаридов, поэтому олигосахариды и полисахариды в пищеварительном тракте подвергаются ферментативному гидролизу до моносахаридов. Усвоение углеводов рыбами происходит примерно на 50-60% и зависит от сложности их структуры. Например, у форели углеводы усваиваются на 40%, в том числе глюкоза - на 100%, мальтоза - на 90%, сахароза - на 70%, лактоза - на 60%, сырой крахмал - на 40%, вареный - на 60%. Достоверных отличий показателей концентрации глюкозы в сыворотке крови рыб подопытных групп от референсных значений – не выявлено.

ВЫВОДЫ / CONCLUSIONS

Полученный результат имеет важное практическое значение поскольку при избыточном поступлении углеводов у этих рыб развивается синдром перегрузки печени гликогеном из-за недостаточного продуцирования инсулина. Поэтому оптимальное содержание углеводов для них составляет 20–30 %, в том числе клетчатки 5–6 %. При этом лучше используются моносахара – глюкоза, фруктоза, манноза, несколько хуже – дисахариды и крахмал, а целлюлоза расщепляется только на 10–20 % от потребленной. Кроме того, необходимо учитывать, что форель как холоднолюбивая рыба не может использовать углеводы в том объеме, как теплолюбивые объекты аквакультуры поэтому в целях сбережения белка, который может использоваться на энергетические цели в их рационы необходимо дополнительно вводить жиры. Однако, в исследуемых комбикормах данный компонент не соответствовал нормативам ГОСТа.

Результаты выполненных исследований могут быть использованы для оптимизации состава продукционных комбикормов для радужной форели и регистрации фоновых ихтиогематологических критериев качества содержания высокопродуктивных аквакультурных видов.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF RAINBOW TROUT BLOOD SERUM UNDER DIFFERENT FEEDING DIETS

Karpenko L.Yu – D.Biol.sc. Professor; **Sidorova N.A.** – Cand.biol.sc.; **Polistovskaya P.A.** – Cand.biol.sc.; **Bakhta A.A. –** Cand.biol.sc., Assoc.; **Savushkin A.I.**; **Nikonov I.N. –** Cand.biol.sc.

[1] St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

[2] Petrozavodsk State University

*l.u.karpenko@mail.ru

Financing: *the research was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 322-23 (Agreement No. 23-16-*

20026), conducted jointly with the Republic of Karelia with financing from the Venture Investment Fund of the Republic of Karelia (FVI RK).

ABSTRACT

Rational and efficient feeding of aquaculture objects is one of the foundations of production in highly productive fish farming. The aim of the study was to compare the composition of production compound feeds for aquaculture objects and to study the effect of compound feeds on the biochemical parameters of the blood serum of rainbow trout. To achieve the aim of the study, 10 groups of rainbow trout (Parasalmo mykiss (Walbaum, 1792) of the "Rofor" breed) grown in production conditions of cage farms in Karelia were selected. Alanine transferase, aspartate aminotransferase, alkaline phosphatase, total protein, albumins, creatinine, urea, glucose, total bilirubin and total cholesterol were determined in the blood serum of the studied individuals. The obtained result has an important practical significance since with excessive intake of carbohydrates these fish develop liver glycogen overload syndrome due to insufficient insulin production. Therefore, the optimal carbohydrate content for them is 20-30%, including 5-6% fiber. In this case, monosaccharides are used better - glucose, fructose, mannose, somewhat worse - disaccharides and starch, and cellulose is broken down only by 10-20% of the consumed. In addition, it is necessary to take into account that trout, as a cold-loving fish, cannot use carbohydrates in the same volume as heat-loving objects of aquaculture, therefore, in order to save protein, which can be used for energy purposes, it is necessary to additionally introduce fats into their diets. However, in the studied compound feeds this component did not meet the GOST standards. The results of the conducted research can be used to optimize the composition of production feed for rainbow trout and to register background ichthyohematological criteria for the quality of keeping highly productive aquaculture species.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Aquaculture Europe, 2004. «Biotechnology for quality». October 20-23. European aquaculture society. Special publication N 34. Barcelona, Spain. 885p.

2.Aquaculture Europe, 2005. August 5-9. European aquaculture society. Special publication N 35. Trondheim, Norway. 836 p.

3.World Aquaculture, 2005. Bali-Indonesia. 796 p.

4.World Aquaculture, 2006. Highest quality for the contsumer. May 9-13. Florence, Italy. 1068 p.

5.Гамыгин Е. А., Пономарев С. В., Канидьев А. Н., Щербина М. А. Методические указания по кормлению рыб новыми комбикормами, выпускаемыми предприятиями Минрыбхоза СССР. М.: ВНИИПРХ, 1990. 45 с.

6.Гамыгин Е. А., Щербина М. А., Передня А. А. Итоги работ по созданию новых кормов для ценных объектов аквакультуры // Вестник АГТУ, 2004. № 2(21). Астрахань: АГТУ. С. 55-60.

7.Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. 364 с.

8.Гамыгин Е.А., Лысенко В.Я., Скляров В.Я., Турецкий В.И. Комбикорма для рыб: производство и методы кормления. М.: Агропромиздат, 1989. 168 с.

9.Сидоров В.С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. Л.: Наука, 1983. С. 18 –37.

10.Сорвачев К.Ф. Основы биохимии питания. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 246 с.

11.Пегель В.А. Физиология пищеварения рыб. Томск: ТГУ, 1950. 200 с

12.Pizzagalli M. D., Bensimon A., Superti-Furga G. A guide to plasma membrane solute carrier proteins // FEBS J. 2021. № 288. P. 2784–2835. doi: 10.1111/febs.15531.

13.Khan Y. M., Khan M. A. Optimization of dietary pyridoxine improved growth performance, he-matological indices, antioxidant capacity, intestinal enzyme activity, non-specific immune re-sponse and liver pyridoxine concentration of fingerling major carp, Catla catla (Hamilton) // Aq-uaculture. 2021. № 541. P. 736815. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736815.

14.Fazio F. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: a review // Aquaculture. 2019. № 500. P. 237-242.
15.Seibel H., Вавmann B., Rebl A. Blood will tell: What hematological analyses can reveal about fish welfare // Front. Vet. Sci. 2021. №8. DOI: 10.3389/fvets.2021.616955.
16.Clauss T.M., Dove A.D., Arnold J.E. Hematologic disorders of fish // Vet. Clin. North. Am. Exot. Anim. Pract. 2008. № 11. P. 445-462.
17.Davies A. J., Johnston M.R.L. The biology of some intraerythrocytic parasites of fishes, amphibia and reptiles // Adv. Parasitol. 2000. № 45. P. 101-107.
18.Woo P.T.K. Cryptobia (Trypanoplasma) salmositica and salmonid cryptobiosis // J. Fish Dis. 2003. № 26. P. 627-646.
19.Улитько В. Е., Ульянова М. В. Физиолого-биохимический статус крови карповых рыб при кормлении комбикормом с пре- и пробиотической добавкой «Биокоретрон форте» // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3 (31). С. 100-103.
20.Гапонов Н. В. Влияние люпина белого на биохимические показатели крови радужной форели // Ветеринария. 2023. № 2. С. 46-52.
21.Поддубная И.В. Влияние органического йода на биохимические показатели крови товарной радужной форели в условиях индустриального рыбоводства // Основы и перспективы органических биотехнологий. 2019. № 2. С. 24-27.
22.Селиванова И. Р., Хайрулина Т. П., Глебова И. А., Головачева Н. А., Шиллерова А. Н. Сравнительная характеристика кормов по биохимическим показателям сыворотки крови Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792) // Водные биоресурсы и среда обитания. 2023. Т. 6., № 2. С. 51–59.
23.Ахметова, В.В. Физиология рыб: учебно-методическое пособие. Часть 2 /В.В. Ахметова, Н.А. Любин, С.В. Дежаткина. - Ульяновск: УГСХА, 2015. 224 с.
24.De Pedro N., Guijarro A. E., Lopez-PatinoM. A., Marinez-Alvarez R. and Delgado M. Daily and seasonal variation in hematological and blood biochemical parameters in trench Tinca tinca // Aquaculture Research, 2005. 36, 85– 96.
25.Hughes G. M., Nemcsok J. Effects of low pH alone and combined with copper sulphate on blood parameters of rainbow trout // Environmental Pollution, 1988. № 55. P. 89-95.
26.Yanik T., Atamanalp M. Introduction to water pollution in fish farming // The Publications of Agricultural College, 1st ed., Erzurum, 2001. P. 322, Turkey, (in Turkish).
27.ГОСТ 10385-2014. Комбикорма для рыб. Общие технические условия.
28.Методические указания по проведению гематологического обследования рыб, утверждённые Минсельхозпродом России 02.02.1999 № 13-4-2/1487.
29.Пищенко Е. В. Гематология пресноводных рыб: Учеб. пособие. Новосибирск: Новосиб. Гос. аграр. ун-т. 2003. 48 с.
30.Зубрихина Г. Н., Блиндарь В. Н., Тимофеев Ю. С. Теория и практика лабораторных гематологических исследований: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 288 с.
31.Меньшиков, В. В. Клинический диагноз — лабораторные основы. / В.В. Меньшиков – М.: Изд-во "Лабинформ", 1997.- 320 с.
32.Руководство по современным биохимическим методам исследования водных экосистем, перспективных для промысла и марикультуры. - М.: Изд-во ВНИРО, 2004. -123 с.
33.Шеховцева Н. В. Экология водных микроорганизмов: методические указания. - Ярославль: Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, 2011. - 84 с.
34.Ивантер Э. В. Основы вариационной статистики. – Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского государственного университета им. О. В. Куусинена, 1970. – 19 с.
35.Мхитарян В.С., Ильенкова С.Д., Агапова Т.Н. Статистика. – М.: Юрайт, 2013. – 590 с.
36.Шелухин Г.К. Физиолого-биохимические параметры осетровых в морской и речной периоды жизни. Автореф. дисс. … канд. биол. наук. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского

Государственного Университета, 1974. - 19 с.

REFERENSES

1.Aquaculture Europe, 2004. «Biotechnology for quality». October 20-23. European aquaculture society. Special publication N 34. Barcelona, Spain. 885p.
2.Aquaculture Europe, 2005. August 5-9. European aquaculture society. Special publication N 35. Trondheim, Norway. 836 p.
3.World Aquaculture, 2005. Bali-Indonesia. 796 p.
4.World Aquaculture, 2006. Highest quality for the contsumer. May 9-13. Florence, Italy. 1068 p.
5. Gamygin E. A., Ponomarev S. V., Kanidyev A. N., Shcherbina M. A. Methodological guidelines for feeding fish with new compound feeds produced by enterprises of the Ministry of Fisheries of the USSR. M.: VNIIPRH, 1990. 45 p .
6. Gamygin E. A., Shcherbina M. A., Perednya A. A. The results of work on the creation of new feeds for valuable aquaculture objects // Bulletin of AGTU, 2004. No. 2(21). Astrakhan: AGTU. pp. 55-60.
7. Shcherbina M. A., Gamygin E. A. Feeding fish in freshwater aquaculture. M.: VNIRO Publishing House, 2006. 364 p.
8. Gamygin E.A., Lysenko V.Ya., Sklyarov V.Ya., Turk V.I. Compound feed for fish: production and feeding methods. M.: Agropromizdat, 1989. 168 p.
9. Sidorov V.S. Ecological biochemistry of fish. Lipids. L.: Nauka, 1983. pp. 18-37.
10. Sorvachev K.F. Fundamentals of nutrition biochemistry. M.: Light and food industry, 1982. 246 p.
11. Pegel V.A. Physiology of fish digestion. Tomsk: TSU, 1950. 200 s
12.Pizzagalli M. D., Bensimon A., Superti-Furga G. A guide to plasma membrane solute carrier proteins // FEBS J. 2021. No. 288. pp. 2784-2835. doi: 10.1111/febs.15531.
13.Khan Y. M., Khan M. A. Optimization of dietary pyridoxine improved growth performance, he-matological indices, antioxidant capacity, intestinal enzyme activity, non-specific immune re-sponse and liver pyridoxine concentration of fingerling major carp, Catla catla (Hamilton) // Aq-uaculture. 2021. No. 541. p. 736815. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736815.
14. Fazio F. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: a review // Aquaculture. 2019. No. 500. pp. 237-242.
15. Seibel H., Vavmapp B., Rebl A. Blood will tell: What hematological analyses can reveal about fish welfare // Front. Vet. Sci. 2021. No.8. DOI: 10.3389/fvets.2021.616955.
16. Clauss T.M., Dove A.D., Arnold J.E. Hematological disorders of fish // Vet. Clin. North. Am. Exot. Anim. Practice. 2008. No. 11. pp. 445-462.
17. Davies A. J., Johnston M.R.L. The biology of some intraerythrocytic parasites of fishes, amphibia and reptiles // Adv. Parasitol. 2000. No. 45. pp. 101-107.
18. Woo P.T.K. Cryptobia (Trypanoplasma) salmositica and salmonid cryptobiosis // J. Fish Dis. 2003. No. 26. pp. 627-646.
19. Ulitko V. E., Ulyanova M. V. Physiological and biochemical status of blood of cyprinid fish when feeding with compound feed with pre- and probiotic additive "Biocoretron forte" // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015. No. 3 (31). pp. 100-103.
20. Gaponov N. V. The effect of white lupin on biochemical blood parameters of rainbow trout // Veterinary medicine. 2023. No. 2. pp. 46-52.
21. Poddubnaya I.V. The effect of organic iodine on biochemical blood parameters of commercial rainbow trout in industrial fish farming // Fundamentals and prospects of organic biotechnologies. 2019. No. 2. pp. 24-27.
22. Selivanova I. R., Khairulina T. P., Glebova I. A., Golovacheva N. A., Shillerova A. N. Comparative characteristics of feed by biochemical parameters of blood serum Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792) // Aquatic bioresources and habitat. 2023. Vol. 6., No. 2. pp. 51-59.
23. Akhmetova, V.V. Physiology of fish: an educational and methodological guide. Part 2 / V.V. Akhmetova, N.A. Lyubin, S.V. Dezhatkina. Ulyanovsk: UGSHA, 2015. 224 p.

24.De Pedro N., Guijarro A. E., Lopez-PatinoM. A., Marinez-Alvarez R. and Delgado M. Daily and seasonal variation in hematological and blood biochemical parameters in trench Tinca tinca // Aquaculture Research, 2005. 36, 85– 96.
25. Hughes G. M., Nemcsok J. Effects of low pH alone and combined with copper sulfate on blood parameters of rainbow trout // Environmental Pollution, 1988. No. 55. pp. 89-95.
26. Yanik T., Atamanalp M. Introduction to water pollution in fish farming // The Publications of Agricultural College, 1st ed., Erzurum, 2001. p. 322, Turkey, (in Turkish).
27. GOST 10385-2014. Compound feed for fish. General technical conditions.
28. Methodological guidelines for conducting a hematological examination of fish, approved by the Ministry of Agriculture and Food of Russia 02.02.1999 No. 13-4-2/1487.
29. Pishchenko E. V. Hematology of freshwater fish: Textbook. Novosibirsk: Novosibirsk State Agrarian University. univ. 2003. 48 p.
30. Zubrikhina G. N., Blindar V. N., Timofeev Y. S. Theory and practice of laboratory hematology research: textbook. M.: GEOTAR-Media, 2020. - 288 p.
31. Menshikov, V. V. Clinical diagnosis — laboratory fundamentals. / V.V. Menshikov – M.: Publishing house "Labinform", 1997. - 320 p.
32. A guide to modern biochemical methods for the study of aquatic ecosystems promising for fishing and mariculture. - M.: VNIRO Publishing House, 2004. -123 p.
33. Shekhovtseva N. V. Ecology of aquatic microorganisms: methodological guidelines. - Yaro-slavl: Yaroslav State University named after P. G. Demidov, 2011. - 84 p.
34. Ivanter E. V. Fundamentals of variational statistics. Petrozavodsk : Publishing House of Petrozavodsk State University named after O. V. Kuusinen, 1970. – 19 p.
35. Mkhitaryan V.S., Ilyenkova S.D., Agapova T.N. Statistics. – M.: Yurait, 2013. – 590 p.
36. Shelukhin G.K. Physiological and biochemical parameters of sturgeon in marine and river periods of life. The author's abstract. diss. ... cand. Biol. sciences. Petrozavodsk: Publishing House of Petrozavodsk State University, 1974. - 19 p.

УДК: 639.3.043:611.018.6
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.313

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ХЕЛАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ РЫБ

Полистовская П.А. – канд. биол. наук., доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0003-1977-0913); **Карпенко Л.Ю.** – д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-2781-5993); **Махнин И.А.*** – асп. 2-го года обучения, асс. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-7484-3591); **Ажикина О.Ю.** – асп. 2-го года обучения (ORCID 0000-0003-1071-8289).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

ilya.makh@mail.ru

Ключевые слова: *атомно-абсорбционная спектрометрия, радужная форель, мышечная ткань, микроэлементы.*

Keywords: *atomic absorption spectrometry, rainbow trout, muscle tissue, trace elements.*

Финансирование: *Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда 23-76-01042*, https://rscf.ru/project/23-76-01042/

Поступила: 25.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Пищевая ценность рыбы зависит от условий содержания и кормления. Рациональное кормление должно удовлетворять потребности рыб в органической и минеральной компоненте. Обогащение рационов рыб минералами рационализирует хозяйственную деятельность в индустриальной аквакультуре и способствует получению качественной рыбной продукции. Получение обогащенной микроэлементами продукции, возможно за счет добавления к рациону органоминеральных хелатных комплексов. Цель исследования: определить содержание железа, меди, цинка, кобальта, марганца и селена в скелетной мышечной ткани рыб методом атомно-абсорбционной спектрометрии при скармливании корма обогащенного органоминеральными хелатными комплексами. Эксперимент проводили в течение месяца. Объектом исследования служили сеголетки (0+) радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), содержащиеся в рыбном хозяйстве на территории Ленинградской области. Методом пар-аналогов были сформированы опытная (n=10) и контрольная (n=10) группы. В мышечной ткани определяли содержание железа (ГОСТ Р 56372- 2015), меди (ГОСТ Р 56372- 2015), цинка (ГОСТ Р 56372- 2015), кобальта (ГОСТ Р 56372- 2015), марганца (ГОСТ 32343—2013) и селена (ГОСТ 31651-2012) на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-1000 (Люмекс, Россия). Оценку достоверности различий между выборками опытной и контрольной группы проводили с использованием t-критерия Стьюдента с помощью приложения Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp, USA). Различия считали достоверными при $p \geq 0,05$. Проведенное исследование показало, что скармливание кор-

ма, обогащенного органоминеральными хелатными комплексами, позволяет значимо увеличить содержание меди, цинка и селена в мышечной ткани рыб. Увеличение содержания элементов в мышечной ткани свидетельствует, что применение хелатных комплексов способствует повышению питательности рыбной продукции. На основании полученных данных, хелатный комплекс можно рекомендовать использовать в индустриальной аквакультуре.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Рыба играет важную роль в рационе человека. По данным ФАО (на 2024 год) потребление рыбы в РФ составляет 3,169 т. Рыбная продукция является доступным источником белка, фосфолипидов, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов и минералов [1]. Пищевая ценность рыбы зависит от условий содержания и кормления [2-3].

Несбалансированность рационов кормления рыб является одной из главных причин, ведущих к снижению поедаемости кормов [4-6]. Корма для рыб зачастую производят на заводах общего животноводческого профиля, не учитывая специфические требования к изготовлению, качеству и безопасности [7]. Результатами такого производства становятся несбалансированность и неэффективность кормления рыб [4].

Рациональное кормление должно удовлетворять потребности рыб в органической и минеральной компоненте [8]. Оптимальный уровень обеспеченности рационов минералами (такими как кальций, калий, натрий, железо, цинк, медь, селен и т. д.), может способствовать увеличению выживаемости, темпов роста и устойчивости к заболеваниям [9]. Обогащение рационов рыб минералами рационализирует хозяйственную деятельность в индустриальной аквакультуре и способствует получению качественной рыбной продукции [10]. Качество и безопасность являются ключевыми требования потребителей к пищевой продукции [11].

Получение обогащенной микроэлементами продукции, возможно за счет добавления к рациону органоминеральных хелатных комплексов. Рядом исследований доказано, что применение в качестве кормовой добавки органоминеральных хелатных комплексов обеспечивает лучшую ассимиляцию металла, чем при введении его в рацион в неорганической форме, а также препятствует передозировке и возможной интоксикации [12-13].

Цель исследования: определить содержание железа, меди, цинка, кобальта, марганца и селена в скелетной мышечной ткани рыб методом атомно-абсорбционной спектрометрии при скармливании корма обогащенного органоминеральными хелатными комплексами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводили в соответствии с международным этическим стандартом, изложенным в Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в других научных целях.

Работа выполнена на базе кафедры биохимии и физиологии ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины”.

Эксперимент проводили в течение месяца. Объектом исследования служили сеголетки (0+) радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), содержащиеся в рыбном хозяйстве на территории Ленинградской области. Методом пар-аналогов были сформированы опытная (n=10) и контрольная (n=10) группы. Длина тела (от рострума до кончика хвоста) и масса представлены в таблице 1.

Исследовали органоминеральный хелатный комплекса (ООО “Юпитер”, Россия). Действующая основа минеральной добавки: комплекс этилендиаминдиянтарной кислоты и лизина с микроэлементами (Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Se, I). Микроэлементный состав хелатного комплекса представлен в таблице 2.

Рыбам опытных групп (n=10) в течение 30-ти дней задавали добавку, данные сравнивали с контролем (n=10). Хелатный комплекс задавали вместе с кормом

один раз в день, в концентрация 0,5 г/кг (считая от массы корма). Безопасность и доза были определены в раннее опубликованных исследованиях [14-18]. Рыб эвтаназировали раствором трикаина (МС-222) в концентрации 170 мг/л. Контрольный метод эвтаназии – обезглавливание. После эвтаназии извлекали скелетную мышечную ткань и помещали в бакпечатки. Образцы сушили в бакпечатках в вакуумной лиофилизаторной сублимационной сушилке (К-ФД12С (-60/-80), Китай).

В мышечной ткани определяли содержание железа (ГОСТ Р 56372- 2015), меди (ГОСТ Р 56372- 2015), цинка (ГОСТ Р 56372- 2015), кобальта (ГОСТ Р 56372-2015), марганца (ГОСТ 32343—2013) и селена (ГОСТ 31651-2012) на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-1000 (Люмекс, Россия).

Оценку достоверности различий между выборками опытной и контрольной группы проводили с использованием t-критерия Стьюдента с помощью приложения Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp, USA). Различия считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Таблица 1 – Размерно-весовые показатели рыб

Длина тела, см	14,8±0,2
Масса, г	46,3±2,7

Таблица 2 – Микроэлементный состав исследуемого органоминерального хелатного комплекса

Микроэлемент	**Содержание г/кг**
Железо	33,1
марганец	6,7
медь	3,4
цинк	18,6
кобальт	0,76
селен	0,43
йод	1,01
Общее количество (сумма) элементов	64

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Проведены исследования содержания железа, меди, цинка, кобальта, марганца и селена в скелетной мышечной ткани рыб методом атомно-абсорбционной спектрометрии при скармливании корма, обогащенного органоминеральными хелатными комплексами.

Исследования показали, что в контрольной группе содержание железа составляет 6,65±0,9 мг/кг, меди - 0,14±0,02 мг/кг, кобальта - 0,31±0,06 мг/кг, селена - 0,12±0,01 мг/кг, цинка - 6,9±0,4 мг/кг, марганца - 0,38±0,07 мг/кг. Показано, что включение в рацион органоминерального хелатного комплекса приводит к статистически значимому увеличению концентраций железа (9,5±0,75 мг/кг), марганца (0,68±0,04 мг/кг) и селена (0,39±0,03 мг/кг) в мышечной ткани. Определено, что в опытной группе содержание меди составляет 0,19±0,04 мг/кг, кобальта - 0,40±0,02 мг/кг, цинка - 9,2±1,1 мг/кг. Следует отметить, что схожая картина наблюдалась при использовании хелатных комплексов (с отличающимся количественным составом элементов) в другом исследовании, однако авторы установили достоверные отличии по железу, цинку и меди [17].

Увеличение содержания элементов в мышечной ткани свидетельствует, что применение хелатных комплексов способствует повышению питательности рыбной продукции. Анализ норм физиологических потребностей в минеральных веществах для мужчин и женщин [19], показывает, что применение обогащенной продукции позволяет скорректировать

рацион и обеспечить адекватное потребление миэлементов населением групп риска [20]

Известно, что Ленинградская область отличаются пониженным содержанием меди, кобальта, йода, селена и цинка в почвах и растениях, в связи с чем населению необходимы дополнительные источники минералов [21]. Обогащенная продукция аквакультуры может стать одним из таких источников.

Таблица 3 – Элементный состав мышечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*)

Показатель	Контрольная группа n=10	Опытная группа n=10
Fe мг/кг	6,65±0,9	9,5±0,75*
Cu мг/кг	0,14±0,02	0,19±0,04
Co мг/кг	0,31±0,06	0,40±0,02
Se мг/кг	0,12±0,01	0,39±0,03*
Zn мг/кг	6,9±0,4	9,2±1,1
Mn мг/кг	0,38±0,07	0,68±0,04*

*Примечание: * Различие по данному показателю статистически достоверно между контрольной и опытной группой (p ≤ 0,05 при t критическом 2,101).*

Таблица 4 – Нормы физиологических потребностей в минеральных веществах для мужчин и женщин (МР 2.3.1.0253-21)

Показатель (в сут.)	Мужчин (старше 18 лет)	Женщин (старше 18 лет)
Железо, мг	10	18
Цинк, мг	12	12
Медь, мг	1,0	1,0
Марганец, мг	2,0	2,0
Селен, мкг	70	55
Кобальт, мкг	10	10

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Развитие программ фортификации (обогащения) пищевых продуктов имеет большое значения в поддержании продовольственной безопасности страны [20]. Проведенное исследование показало, что скармливание корма, обогащенного органоминеральными хелатными комплексами, позволяет значимо увеличить содержание меди, цинка и селена в мышечной ткани рыб. Увеличение содержания элементов в мышечной ткани свидетельствует, что применение хелатных комплексов способствует повышению питательности рыбной продукции. На основании полученных данных, хелатный комплекс можно рекомендовать использовать в индустриальной аквакультуре.

THE EFFECT OF ORGANOMINERAL CHELATE COMPLEXES ON THE CONTENT OF CHEMICAL ELEMENTS IN FISH MUSCLE TISSUE

Polistovskaya P.A. – PhD., associate Professor of the Department of Biochemistry and Physiology; **Karpenko L.Yu.** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department. Biochemistry and physiology; **Makhnin I.A.*** – post-graduate student of the 1st year of study, assistant of the Department of Biochemistry and Physiology; **Azhikina O.Yu.** – graduate student of the 2nd year of study.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*ilya.makh@mail.ru

Financing: *The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation 23-76-01042, https://rscf.ru/project/23-76-01042/*

ABSTRACT

The nutritional value of fish depends on the conditions of keeping and feeding. Rational feeding should meet the needs of fish in organic and mineral components. The enrichment of fish diets with minerals rationalizes economic activities in industrial aquaculture and contributes to the production of high-quality fish products. Obtaining products enriched with trace elements is possible by adding organomineral chelate complexes to the diet. The aim of the study was to determine the content of iron, copper, zinc, cobalt, manganese and selenium in the skeletal muscle tissue of fish by atomic absorption spectrometry when feeding feed enriched with organomineral chelate complexes. The experiment was carried out for a month. The object of the study was fingerlings (0+) of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) contained in fisheries in the Leningrad region. The experimental (n=10) and control (n=10) groups were formed by the method of analog pairs. The content of iron (GOST R 56372- 2015), copper (GOST R 56372- 2015), zinc (GOST R 56372- 2015), cobalt (GOST R 56372- 2015), manganese (GOST 32343-2013) and selenium (GOST 31651-2012) were determined in muscle tissue using the MGA-1000 atomic absorption spectrometer (Lumex, Russia). The reliability of the differences between the samples of the experimental and control groups was assessed using the Student's t-test using the Microsoft Excel 2010 application (Microsoft Corp, USA). The differences were considered significant at $p \geq 0.05$. The study showed that feeding feed enriched with organomineral chelate complexes can significantly increase the content of copper, zinc and selenium in the muscle tissue of fish. An increase in the content of elements in muscle tissue indicates that the use of chelate complexes contributes to an increase in the nutritional value of fish products. Based on the data obtained, the chelate complex can be recommended for use in industrial aquaculture.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Kaleshkumar, K., Rajaram, R., Paray, B. A. & Ali, S. Are puffer fishes a viable source of nutritional value for human consumption—An investigation on recently commercialized marine puffer fishes (Tetraodontidae: Tetraodontiformes). Environ. Sci. Pollut. Res. 29(31), 47350–47362. https://doi.org/10.1007/s11356-022-19072-7 (2022).

2.Khawar, M., Masood, Z., Ul Hasan, H. et al. Trace metals and nutrient analysis of marine fish species from the Gwadar coast. Sci Rep 14, 6548 (2024). https://doi.org/10.1038/s41598-024-57335-0

3.Мясников, Г. Г. Корма и технология кормления рыб / Г. Г. Мясников — курс лекций. — Горки: УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2020 — 221 с.

4.Селиванова, И. Р., Хайрулина, Т. П., Глебова, И. А., Головачева, Н. А., Шиллерова, А. Н. Сравнительная характеристика кормов по биохимическим показателям сыворотки крови Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792) / И. Р. Селиванова, Т. П. Хайрулина, И. А. Глебова, Н. А. Головачева, А. Н. Шиллерова // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2023. — № 2. — С. 51-59.

5.Гамыгин Е.А. Проблема кормов и кормопроиз водства для рыб: состояние и задачи // Сборник научных трудов ВНИИПРХ. 2001. Т. 3, вып. 77. С. 81–82. 2.

6.Соколов А.В., Дворянинова О.П. Оценка эффек тивности продукционного корма для радужной форели // Технологии пищевой и перерабаты вающей промышленности АПК — продукты здорового питания. 2019. № 3. С. 53–62. doi: 10.24411/2311-6447-2019-10007.

7.Артемов, Р. В., Арнаутов, М. В., Бочкарев, А. И., Баскакова, Ю. А., Артемов, А. В., Кокшаров, А. Е., Биндюков, С. В. Обоснование рациональных параметров экструдирования растительных компонентов на оборудовании малой мощности для получения комбикормов для аква-

культуры / Р. В. Артемов, М. В. Арнаутов, А. И. Бочкарев, Ю. А. Баскакова, А. В. Артемов, А. Е. Кокшаров, С. В. Биндюков // Технология переработки водных биоресурсов. — 2019. — № т.176. — С. 182-192.
8.Щербина, М. А., Гамыгин, Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин — 1-е изд. — Москва: ВНИРО, 2015 — 292 с.
9.Muralisankar, T., Mohan, K., Udhayakumar, V., Balamuralikrishnan, B. (2022). Potential Role of Dietary Minerals in Fish and Crustaceans. In: Balasubramanian, B., Liu, WC., Sattanathan, G. (eds) Aquaculture Science and Engineering.Springer,Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0817-0_16
10.Зуева М. С. Современный опыт включения биологически активных кормовых добавок в рацион рыб // Животноводство и кормопроизводство. 2022. №4.
11.Горина Е.А. Качество и безопасность как ключевые требования потребителей к пищевой продукции // π-Economy. 2009. №5 (85).
12.Lall SP, Kaushik SJ. Nutrition and Metabolism of Mineralsin Fish. Animals (Basel). 2021Sep16;11(9): 2711.doi:10.3390/ani11092711. Erratum in: Animals (Basel).2021 Dec 09;11(12): PMID: 34573676; PMCID: PMC8466162.
13.Terova G, Rimoldi S, Izquierdo M, Pirrone C, Ghrab W, Bernardini G. Nano-delivery of trace minerals for marine fish larvae: influence on skeletal ossification, and the expression of genes involved in intestinal transport of minerals, osteoblast differentiation, and oxidative stress response. Fish Physiol Biochem. 2018 Oct; 44(5):1375-1391. doi:10.1007/s10695-018-0528-7. Epub 2018 Jun 17. PMID: 29911270
14.Assessment of acute toxicity of the organomineral chelate complex for Danio rerio embryos/P.A.Polistovskaya, L.Yu. Karpenko, O. Yu. Azhikina, I. A. Makhnin // International Conference on Ensuring Sustainable Development: Ecology,Energy, Earth Science and Agriculture (AEES2023), Moscow, Russia,21–22декабря 2023 года.–Les Ulis, France: EDP SCIENCES S A, 2024.–P. 1005.
15.Дехорионизация эмбрионов Danio rerio для оценки острой токсичности органоминеральных хелатных комплексов / Полистовская П.А., Карпенко Л.Ю., Ажикана О.Ю., Махнин И.А. // Международный вестник ветеринарии. 2024.–№1. – С. 99-105.
16.Влияние органоминарального хелатного комплекса на репродуктивную функцию самок и выживаемость икры Danio rerio/Полистовская П.А., Карпенко Л.Ю., Ажикана О.Ю., МахнинИ.А.//
Международный вестник ветеринарии. 2024.- №1. –С. 112-119.
17.Климов, В. А. Прижизненное формирование обогащенной микроэлементами рыбной продукции в условиях аквакультуры белгородской области: специальность 4.3.3. «Пищевые системы»: Автореферат на соискание кандидата технических наук / Климов, В. А.; ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ). — Москва, 2023. — 24 с.
18.Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбоводных индустриальных комплексах (с временными нормативами) / Н. В. Барулин [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 180 с.
19.Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 “Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации” (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.)
20.Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных витаминами пищевых продуктов // Вопросы питания. 2016. №2.
21.Селимов, Р. Н. Влияние минеральной кормовой добавки "Хелавит" на минеральный обмен лошадей: специальность 06.02.05 «Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная

экспертиза»: Автореферат на соискание кандидата ветеринаринарных наук / Селимов, Р. Н.; ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины". — Санкт -Петербург, 2011. — 20 с.

REFERENCES

1.Kaleshkumar, K., Rajaram, R., Paray, B. A. & Ali, S. Are puffer fishes a viable source of nutritional value for human consumption—An investigation on recently commercialized marine puffer fishes (Tetraodontidae: Tetraodontiformes). Environ. Sci. Pollut. Res. 29(31), 47350–47362. https://doi.org/10.1007/s11356-022-19072-7 (2022).

2.Khawar, M., Masood, Z., Ul Hasan, H. et al. Trace metals and nutrient analysis of marine fish species from the Gwadar coast. Sci Rep 14, 6548 (2024). https://doi.org/10.1038/s41598-024-57335-0

3. Myasnikov, G. G. Feed and fish feeding technology / G. G. Myasnikov — a course of lectures. — Gorki: Educational institution "Belarusian State Agricultural Academy", 2020 — 221 p.

4. Selivanova, I. R., Khairulina, T. P., Glebova, I. A., Golovacheva, N. A., Shillerova, A. N. Comparative characteristics of feed according to biochemical parameters of blood serum Opsohupshis mykiss (Walbaum, 1792) [Text] / I. R. Selivanova, T. P. Khairulina, I. A. Glebova, N. A. Golovacheva, A. N. Shillerova // Aquatic bioresources and habitat. - 2023. — No. 2. — pp. 51-59.

5. Gamygin E.A. The problem of feed and forage production for fish: state and tasks // Collection of scientific papers of VNIIPRH. 2001. Vol. 3, issue. 77. pp. 81-82. 2.

6. Sokolov A.V., Dvoryaninova O.P. Evaluation of the effectiveness of productive feed for rainbow trout // Technologies of food and processing industry of agroindustrial complex — healthy food products. 2019. No. 3. pp. 53-62. doi: 10.24411/2311-6447-2019-10007.

7. Artyomov, R. V., Arnautov, M. V., Bochkarev, A. I., Baskakova, Yu. A., Artyomov, A.V., Koksharov, A. E., Bindyukov, S. V. Justification of rational parameters of extrusion of plant components on low -power equipment for obtaining compound feeds for aquaculture / R. V. Artyomov, M. V. Arnautov, A. I. Bochkarev, Yu. A. Baskakova, A.V. Artemov, A. E. Koksharov, S. V. Bindyukov // Technology of processing of aquatic biological resources. — 2019. — No. T.176. — pp. 182-192.

8. Shcherbina, M. A., Gamygin, E. A. Fish feeding in freshwater aquaculture / M. A. Shcherbina, E. A. Gamygin — 1st ed. — Moscow: VNIRO, 2015 — 292 p.

9.Muralisankar, T., Mohan, K., Udhayakumar, V., Balamuralikrishnan, B. (2022). Potential Role of Dietary Minerals in Fish and Crustaceans. In: Balasubramanian, B., Liu, WC., Sattanathan, G. (eds) Aquaculture Science and Engineering.Springer,Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0817-0_16

10. Zueva M. S. Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish // Animal husbandry and feed production. 2022. №4.

11. Gorina E.A. Quality and safety as key consumer requirements for food products // π -Economy. 2009. №5 (85).

12.Lall SP, Kaushik SJ. Nutrition and Metabolism of Mineralsin Fish. Animals(Basel). 2021Sep16;11(9): 2711.doi:10.3390/ani11092711. Erratum in: Animals (Basel).2021 Dec 09;11(12): PMID: 34573676; PMCID: PMC8466162.

13.Terova G, Rimoldi S, Izquierdo M, Pirrone C, Ghrab W, Bernardini G. Nano-delivery of trace minerals for marine fish larvae: influence on skeletal ossification, and the expression of genes involved in intestinal transport of minerals, osteoblast differentiation, and oxidative stress response. Fish Physiol Biochem. 2018 Oct; 44(5):1375-1391. doi:10.1007/s10695-018-0528-7. Epub 2018 Jun 17. PMID: 29911270

14.Assessment of acute toxicity of the organomineral chelate complex for Danio rerio embryos/ P.A.Polistovskaya, L.Yu. Karpenko, O. Yu. Azhikina, I. A. Makhnin // International Conference on Ensuring Sustainable Development:Ecology,Energy, Earth Science and Agriculture (AEES2023), Moscow,

Russia, December 21-22, 2023.–Les Ulis, France: EDP SCIENCES S A, 2024.–P. 1005.
15. Dehorionization of Danio rerio embryos for the assessment of acute toxicity of organomineral chelate complexes / Polistovskaya P.A., Karpenko L.Yu., Azhikana O.Yu., Makhnin I.A. // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2024.–No.1. – pp. 99-105.
16. The effect of the organomineral chelate complex on the reproductive function of females and the survival of eggs Danio rerio/ Polistovskaya P.A., Karpenko L.Yu., Azhikana O.Yu., Makhnini.A.//International Bulletin of Veterinary Medicine. 2024.- No. 1. – pp. 112-119.
17. Klimov, V. A. Lifetime formation of fish products enriched with trace elements in the conditions of aquaculture of the Belgorod region: specialty 4.3.3. "Food systems»: Abstract for Candidate of Technical Sciences / Klimov, V. A.; Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (PKU). — Moscow, 2023. — 24 c.
18. Recommendations for the cultivation of rainbow trout fish planting material in fish–breeding industrial complexes (with temporary standards) / N. V. Barulin [et al.]. - Gorki: BGSHA, 2016. – 180 p.
19. Methodological recommendations MP 2.3.1.0253-21 “Norms of physiological energy and nutritional needs for various population groups of the Russian Federation” (approved by the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being on July 22, 2021)
20. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Analysis of domestic and international experience in the use of vitamin-enriched foods // Nutrition issues. 2016. №2.
21. Selimov, R. N. The effect of the mineral feed additive "Chelavit" on the mineral metabolism of horses: specialty 06.02.05 "Veterinary sanitation, ecology, zoo hygiene and veterinary and sanitary expertise»: Abstract for the Candidate of Veterinary Sciences / Selimov, R. N.; St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. — St. Petersburg, 2011. — 20 p.

УДК: 612.124:636.4
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.321

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ СВИНЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОРОДЫ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОТКОРМА

Колесник Н.С. – асп., мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-4267-5300); **Зеленченкова А.А.** – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-8862-3648); **Зайцев С.Ю.*** – д-р хим. наук, д-р биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-1533-8680).

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

* s.y.zaitsev@mail.ru

Ключевые слова: *откормочные свиньи, трех-породные гибриды, аминокислоты, ионообменная хроматография.*

Key words: *fattening pigs, three-breed hybrids, amino acids, ion exchange chromatography.*

Финансирование: *Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-16-00032-П, https://rscf.ru/project/20-16-00032/*

Поступила: 06.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Аминокислоты (АК) являются важными маркерами состояния белкового обмена, а потому изучение аминокислотного состава тканей животных является актуальной задачей. В данной статье представлены результаты аминокислотного анализа сыворотки крови откормочных свиней породы ландрас и двухпородных гибридов (ландрас·крупная белая) в зависимости от длительности откорма. Откормочные свиньи (n=40) были разделены на 6 групп в зависимости от породы и длительности откорма: A-2 – 60 дней откорма свиньи породы ландрас, B-2 – 60 дней откорма F1 ландрас·крупная белая, C-2 – 70-80 дней откорма свиньи породы ландрас, D-2 – 70-80 дней откорма F1 ландрас·крупная белая, F-2 – 100 дней откорма свиньи породы ландрас, S-2 – 100 дней откорма F1 ландрас·крупная белая. Наиболее стабильными по содержанию в крови аминокислотами являются тирозин, гистидин, треонин, фенилаланин, глицин и пролин во всех изучаемых группах животных. Согласно полученным результатам, изменения АК состава сыворотки крови обусловлено в значительной степени именно длительностью откорма (как с одним из ключевых кормовых факторов), так и генотипами животных.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Аминокислоты (АК) выполняют важные функции в организме в качестве основных компонентов белкового обмена [1], а также – для ряда метаболитов углеводного и липидного обменов [2]. Хотя в большинстве работ описывают только незаменимые аминокислоты (НАК), таких как триптофан, фенилаланин, лизин, аргинин, гистидин, треонин, метионин, лейцин, изолейцин и валин, которые не могут синтезироваться в организме человека и должны поступать только с пищей, но, как правило, измеряются все «протеиногенные» АК [2, 3]. Было обнаружено, что ряд аминокислот с разветвленной цепью (например, изолейцин, лейцин и валин) «улучшают качество свиного мяса», способствуют росту мышечной ткани, улучшают развитие кишечника и «регулируют иммунный ответ». [4]. Хорошо известно, что свободные аминокислоты и многие их производные могут быть «необычайным регулирующим фактором» в соединении основных метаболических процессов [5]. Например, метаболиты аланина, 4-гидроксипролина, тирозина, метионина и др. связаны с циклом Кребса, который является связующим звеном для многих метаболических путей [6]. Кроме того, установлено, что определенное количество меди (в печени свиней) существенно влияет на концентрацию некоторых аминокислот (лейцина, фенилаланина, метионина, пролина, тирозина) в сыворотке крови животных, предполагая особую влияние на развитие животных [7]. Поэтому разработка научно обоснованных «норм потребности в аминокислотах» имеет большое значение в организации рационального питания сельскохозяйственных животных [8]. Авторы [9] считали, что важнейшими аминокислотами для свиней являются лизин, метионин, треонин и триптофан.

Среди 20 незаменимых аминокислот можно выделить, например, глютамин. Недостаток этой аминокислоты приводит «к нарушению иммуногенеза» [9]. Хорошо известно, что аминокислоты не накапливаются в тканях, а постоянно присутствуют в крови, при этом некоторые имеют экзогенное происхождение; некоторые образуются в результате распада белков организма. Важно подчеркнуть, что четких нормативов содержания свободных аминокислот у изученных видов животных не существует. В работе [9] измеряли содержание различных аминокислот в сыворотке крови свиней «раннеспелой мясной породы». Например, относительное количество всех аминокислот в этом случае составило 3,521±0,252, что несколько ниже обычно приводимого примерно на 5% [9].

В работах Морозовой Л.А. и др. [10] и Петухова М.А. и др. [11] описаны и детально обсуждены сопоставимые данные по содержанию свободных аминокислот в мясе свиней. Петухова М.А. и др. исследовали аминокислотный состав мяса свиней нескольких пород, в том числе дюрок, а Морозова Л.А. с соавт. изучали содержание АК в мышечной ткани гибридных свиней (Ландрас·Йоркшир·Дюрок). Например, содержание валина у гибридных свиней было значительно ниже, чем у чистопородных дюрок (0,985 г/100 г и 1,460 г/100 г соответственно), а содержание лизина составило 2,128 г/100 г у гибридных свиней. свиньи и 2,431 г/100г - для чистопородных [10, 11]. В свою очередь фенилаланин, гистидин, треонин, метионин и триптофан обнаружены практически в равных количествах [11, 12].

Исследования, направленные на изучение биохимических и физиолого-биологических показателей крови сельскохозяйственных животных, являются необходимыми для объективной прижизненной оценки состояния здоровья, характера и направленности протекания обменных процессов в организме [13, 14]. В свою очередь, аминокислоты являются важными маркерами состояния белкового обмена, а потому изучение аминокислотного состава тканей животных является актуальной задачей [14, 15].

Целью нашей работы было выявление зависимости аминокислотного состава крови откормочных свиней породы ланд-

рас и двух породных гибридов от длительности откорма и породной принадлежности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Определение концентрации аминокислот в сыворотке крови осуществлялось методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией проб нингидрином. Для этого в отделе физиологии и биохимии с/х животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста имеется система высокоэффективной жидкостной хроматографии LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония), оснащенная реакционным модулем для пост-колоночной дериватизации нингидрином APM-1000 (Sevko&Co, Россия) и колонка с ионообменной смолой (Sevko&Co, Россия). Подготовка проб для анализа осуществлялась в соответствии с ГОСТ 32195-2013. Для подготовки проб к анализу использовали кислый гидролиз в 6 Н HCl для разложения белков на отдельные аминокислоты с добавлением норлейцина в качестве внутреннего стандарта. Гидролиз выполняли в фторопластовых стаканах с завинчивающейся крышкой (CEM, США), в термостате при 110 °С в течение 24 часов. Поскольку не все α–аминокислоты легко определяются, то в первую очередь хроматографией оценивается общее содержание таких аминокислот, как Тир, Фен, Гли, Ала, Вал, Лей, Иле, Асп, Глу, Арг, Гис, Лиз (при 570 нм) и Про (при 440 нм). Так как метионин и цистеин разрушаются в условиях гидролиза, их необходимо предварительно перевести в стабильную форму путём окисления до цистеиновой кислоты и метионин сульфона соответственно. В свою очередь, тирозин разрушается при окислении с последующим гидролизом, поэтому определяется в гидролизатах неокисленных проб.

Откормочные свиньи были разделены на 6 групп в зависимости от породы и длительности откорма: А-2 – 60 дней откорма свиньи породы ландрас (n=5), В-2 – 60 дней откорма F1 ландрас×крупная белая (n=5), С-2 – 70-80 дней откорма свиньи породы ландрас (n=10), D-2 – 70-80 дней откорма F1 ландрас×крупная белая (n=10), F-2 – 100 дней откорма свиньи породы ландрас (n=5), S-2 – 100 дней откорма F1 ландрас×крупная белая (n=5).

Обработку полученных данных выполняли в программе Microsoft Exel с расширенным пакетом анализа данных. При этом вычислены следующие величины: среднеарифметическая (M), среднеквадратическая ошибка (±m) и уровень значимости (p). Результаты исследований считали высокодостоверными при $p < 0,001$ и достоверными при $p < 0,01$ и $p < 0,05$. При $p < 0,1$ до $p > 0,05$ - тенденция к достоверности полученных данных. При $p > 0,1$ разницу считали недостоверной. Сравнительный анализ изучаемых групп проводили по методу Тьюки-Крамера.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Содержание Glu в исследуемых образцах варьировалось от 0,78 до 0,89 г/100мл, Asp – 0,45-0,61 г/100мл, Leu – 0,53-0,65 г/100мл, Lys – 0,43-0,61 г/100мл. Содержание Ala, Val, Tyr, Phe и Arg в исследуемых группах животных находилось в пределах 0,30-0,41 г/100мл, 0,32-0,44 г/100мл, 0,34-0,37 г/100мл, 0,36-0,40 г/100мл и 0,33-0,41 г/100мл соответственно. Для Thr, Ser, Pro – 0,24-0,28 г/100мл, 0,25-0,36 г/100мл и 0,23-0,28 г/100мл. Уровень Gly, Ile, His составил 0,17-0,21 г/100мл, 0,19-0,23 г/100мл, 0,23-0,28 г/100мл соответственно. Содержание Cys и Met было наименьшим и составило 0,15 -0,18 г/100мл для цистеина и 0,0,04-0,05 г/100мл для метионина. (таблица 1).

Наблюдается значительное увеличение большинства аминокислот по группам в зависимости от дней откорма. Нами обнаружены статистически значимые различия по содержанию большинства АК между группами. Для групп А-2 и В-2 (чистопородные и двухпородные гибриды на 60 день откорма) статистически значимы различия только по содержанию аланина. Для А-2 и С-2 (ландрас на 60 и 70-80 дней откорма) значимые различия по аргинину. Для А-2 и D-2 (ландрас 60 дней откорма и 70-80 дней откорма F1 ландрас×крупная белая) отличия по Met и Arg. Наблюдаются значительные различия по

содержанию большинства АК между группами A-2 и F-2 (ландрас на 60 и 100 днях откорма соответственно), а именно Asp, Ser, Glu, Gly, Ala, Cys, Val, Met, Ile, Lys, Arg, Pro. В группах A-2 и S-2 (ландрас 60 дней и 100 дней откорма F1 ландрас×крупная белая) прослеживаются аналогичные тенденции для Asp, Ser, Glu, Ala, Cys, Val, Met, Ile, Lys, Arg. Между группами B-2 и C-2 (60 дней откорма F1 ландрас×крупная белая и 70-80 дней откорма ландрас) значимые различия по следующим АК: Asp, Ser, Glu, Ala, Val, Leu, Arg. Для B-2 и D-2 (60 дней откорма F1 ландрас×крупная белая и 70-80 дней откорма F1 ландрас×крупная белая): Asp, Ser, Glu, Ala, Val, Lys, Arg. Для B-2 и F-2 (60 дней откорма F1 ландрас×крупная белая и 100 дней откорма ландрас) получены значимые различия по большинству АК: Asp, Ser, Glu, Ala, Cys, Val, Ile, Leu, Lys, Arg. Аналогично для групп B-2 и S-2 (60 дней откорма F1 ландрас×крупная белая и 100 дней откорма F1 ландрас×крупная белая): Asp, Thr, Ser, Glu, Ala, Cys, Val, Met, Ile, Leu, Phe, Lys, Arg. Для групп C-2 и D-2 (70-80 дней откорма ландрас и 70-80 дней откорма F1 ландрас×крупная белая) достоверных различий между содержанием АК не обнаружено. Для C-2 и F-2 (70-80 дней откорма ландрас и 100 дней откорма ландрас) отличия между содержанием Asp, Ser, Gly, Ala, Val, Lys, Agr, Pro. В группах C-2 и S-2 (70 -80 дней откорма ландрас и 100 дней откорма F1 ландрас×крупная белая) значимые отличия по количеству Asp, Ser, Ala, Val, Lys, Arg. Для D-2 и F-2 (70-80 дней откорма F1 ландрас×крупная белая и 100 дней откорма ландрас): Asp, Val, Ile, Arg. Между группами D-2 и S-2 (70-80 дней откорма F1 ландрас×крупная белая и 100 дней откорма F1 ландрас×крупная белая) отличия в содержании Asp, Ser, Ala, Cys, Val, Ile, Lys, Arg. Между группами F-2 и S-2 (100 дней откорма ландрас и 100 дней откорма F1 ландрас×крупная белая) значимых различий по содержанию АК в сыворотке крови не обнаружено.

Таблица 1 – Сравнительный анализ групп откормочных свиней по общему аминокислотному составу (г/100 мл)

АК/Группы	A-2	B-2	C-2	D-2	F-2	S-2	P-value
ASP	$0,49^{AF}$	$0,45^{BCBD}$	$0,52^{CFCS}$	$0,53^{DFDS}$	$0,59^{AFBF}$	$0,61^{ASBS}$	≤0,0001
THR	0,27	$0,24^{BS}$	0,27	0,26	0,27	0,28	0,022
SER	$0,28^{AFAS}$	$0,25^{BCBD}$	$0,30^{CFCS}$	$0,31^{DS}$	$0,35^{BF}$	$0,36^{BS}$	≤0,0001
GLU	$0,78^{AFAS}$	$0,72^{BCBD}$	0,83	0,82	$0,86^{BF}$	$0,89^{BS}$	≤0,0001
GLY	$0,21^{AF}$	0,19	$0,21^{CF}$	0,19	0,17	0,17	≤0,0001
ALA	$0,31^{ABAF}$	$0,21^{BCBD}$	$0,33^{CFCS}$	$0,34^{DS}$	$0,39^{BF}$	$0,41^{ASBS}$	≤0,0001
CYS	$0,15^{AFAS}$	$0,15^{BFBS}$	0,16	$0,16^{DS}$	0,18	0,18	≤0,0001
VAL	$0,35^{AFAS}$	$0,32^{BCBD}$	$0,36^{CFCS}$	$0,37^{DFDS}$	$0,42^{BF}$	$0,44^{BS}$	≤0,0001
MET	$0,05^{AD}$	$0,05^{BS}$	0,05	0,04	$0,04^{AF}$	$0,04^{AS}$	0,001
ILE	$0,20^{AFAS}$	$0,19^{BFBS}$	0,21	$0,20^{DFDS}$	0,23	0,23	0,001
LEU	0,59	0,53	$0,62^{BC}$	0,60	$0,63^{BF}$	$0,65^{BS}$	≤0,0001
TYR	0,36	0,34	0,37	0,35	0,33	0,35	0,022
PHE	0,37	$0,36^{BS}$	0,39	0,37	0,39	0,40	0,002
HIS	0,24	0,22	0,25	0,23	0,22	0,22	0,011
LYS	$0,47^{AFAS}$	$0,43^{BDBF}$	$0,50^{CFCS}$	$0,53^{DS}$	0,60	$0,61^{BS}$	≤0,0001
ARG	$0,33^{ACAD}$	$0,33^{BCBD}$	$0,37^{CFCS}$	$0,37^{DFDS}$	$0,41^{AFBF}$	$0,41^{ASBS}$	≤0,0001
PRO	$0,28^{AF}$	0,26	$0,29^{CF}$	0,25	0,23	0,25	0,005

Примечание: A-2 – 60 дней откорма свиньи породы ландрас, B-2 – 60 дней откорма F1 ландрас×крупная белая, C-2 – 70-80 дней откорма свиньи породы ландрас, D-2 – 70-80 дней откорма F1 ландрас×крупная белая, F-2 – 100 дней откорма свиньи породы ландрас, S-2 – 100 дней откорма F1 ландрас×крупная белая, Asp – аспарагиновая кислота, Thr – треонин, Ser – серин, Glu – глутаминовая кислота, Gly – глицин, Ala – аланин, Cys – цистеин, Val – валин, Met – метионин, Ile – изолейцин, Leu – лейцин, Tyr – тирозин, Phe – фенилаланин, His – гистидин, Lys – лизин, Arg – аргинин, Pro – пролин.

В первом приближении оценивая АК в связи с генетической изменчивостью, т.е. если сравнивать коэффициенты корреляции между тремя группами ландрасов (A-2, C-2, F-2) и тремя группами гибридов F1 (B-2, D-2, S-2), то можно сделать следующее заключение: наиболее высокой изменчивостью обладают Ala (0,77), Val (0,75), Asp (0,71), Arg (0,70), Lys (0,62), Ser (0,62), Glu (0,58); средней изменчивостью обладают Cys (0,48), Met (0,47), Leu (0,40), Pro (-0,32), Ile (0,29); низкой изменчивостью обладают Gly (0,20), His (0,19), Phe (0,06), Tyr (0,02) и Thr (0,01). Кроме того, для последних пяти АК не было обнаружено статистически значимых различий в их содержании в разных группах откормочных свиней. Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что в большинстве случаев относительные изменения АК состава сыворотки крови гибридов по сравнению с чистопородными свиньями обусловлено генотипом животных.

Однако, если рассматривать отдельно гибридов или чистопородных свиней только по длительности откорма, то получаются интересные разнонаправленные закономерности, которые обсуждаются ниже.

Сравнение корреляций между основными аминокислотами в сыворотке крови ландрасов в зависимости от периода откорма (60/100 дней) дают только положительные коэффициенты, причем большинство – сильного и среднего типа Ser (0,94), Ala (0,78), Val (0,77), Leu (0,75), Pro (0,72), Ile (0,29); Ile (0,69), Gly (0,64), Phe (0,64), Glu (0,62); Lys (0,57), His (0,55), Asp (0,50), Cys (0,45), Met (0,40), Arg (0,46), Thr (0,39) и только Tyr (0,17) относится к слабому типу.

Напротив, сравнение корреляций между основными аминокислотами в сыворотке крови гибридов в зависимости от периода откорма (60/100 дней) дают только больше отрицательных, чем положительных коэффициентов следующих типов: сильного типа – только Tyr (-0,69) и Arg (0,53), а среднего типа –Pro (-0,40), Glu (-0,33), Met (-0,29) и Lys (-0,25), а также - Thr (0,45). Для большинства АК наблюдаются отрицательные и положительные коэффициенты, относящиеся к слабому типу: Leu (-0,21), Phe (-0,21), Asp (-0,16), His (-0,11), Ser (-0,04), Cys (-0,01), а также - Gly (0,18), Ala (0,12), Ile (0,12); Val (0,04), которые нет смысла обсуждать. Обсуждать возможно прежде всего резкое изменение величины коэффициентов корреляций в зависимости от периода откорма (60/100 дней) для таких АК, как Ser (0,94), Gly (0,64), Ala (0,78) у ландрасов по сравнению с Ser (-0,04), Gly (0,18), Ala (0,12) у гибридов, участвующих в общем метаболическом пути. Это связано с генетическими особенностями для чистопородных и гибридных свиней, для которых величины коэффициентов корреляций (ландрас/гибрид) в зависимости от периода откорма (60/80/100 дней) следующие: по Ser (0,18/0,47/-0,69), по Gly (0,52/0,10/-0,81), по Ala (0,07/0,42/-0,71). Таким образом, слабые и средние положительные корреляции по всем этим АК с увеличением дней откорма превращаются в сильные отрицательные корреляции. Именно указанные изменения корреляций и интенсивности соответствующих метаболических путей для этих АК являются наглядным примером и во многом объясняют как белково-липидные особенности, так и частые рекомендации откармливать гибридных свиней до 100 дней.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, наиболее стабильными по содержанию в крови аминокислотами являются тирозин, гистидин, треонин,

фенилаланин, глицин и пролин во всех изучаемых группах животных. Количество значимых различий в содержании АК растёт по мере увеличения длительности откорма. Изменения аминокислотного состава сыворотки крови свиней напрямую связаны как с одним из ключевых кормовых факторов (длительность откорма), так и с генотипами животных.

AMINO ACID COMPOSITION OF PIG BLOOD SERUM DEPENDING ON THE BREED AND DURATION OF FATTENING

Kolesnik N.S. – Graduate Student, Junior Researcher (ORCID 0000-0002-4267-5300), **Zelenchenkova A.A.** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0001-8862-3648), **Zaitsev S.Yu.** * – Doctor of Biological Sciences, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Leading Researcher (ORCID 0000-0003-1533-8680).

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst

* s.y.zaitsev@mail.ru

Financing: *The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 20-16-00032-P, https://rscf.ru/project/20-16-00032/*

ABSTRACT

Amino acids (AA) are the important markers of the state of protein metabolism, and therefore the study of the amino acid composition of animal tissues is an urgent task. This article presents the results of amino acid analysis of the blood serum of fattening pigs of the Landrace breed and two-breed hybrids (Landrace·Large White) depending on the duration of fattening. Fattening pigs (n=40) were divided into 6 groups depending on the breed and duration of fattening: A-2 – 60 days of fattening Landrace pigs, B-2 – 60 days of fattening F1 Landrace Large White, C-2 – 70- 80 days of fattening a Landrace pig, D-2 – 70-80 days of fattening F1 Landrace Large White, F-2 – 100 days of fattening a Landrace pig, S-2 – 100 days fattening F1 Landrace Large White. The most stable amino acids in blood levels are tyrosine, histidine, threonine, phenylalanine, glycine and proline in all studied groups of animals. According to the results obtained, changes in the AA composition of blood serum are largely due to the duration of fattening (as a one of the key feed factors) and the genotypes of animals.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Chalvon-Demersay T., Luise D., Le Floc'h N., Tesseraud S., Lambert W., Bosi P., Trevisi P., Beaumont M., Corrent E. Functional amino acids in pigs and chickens: implication for gut health. Frontiers in Veterinary Science. 2021;8:1-13.

2.Зайцев, С. Ю. Биохимический анализ крови ряда пород свиней и их гибридов / С. Ю. Зайцев, Н. В. Боголюбова, Г. В. Молянова. – Москва: Издательство «Сельскохозяйственные технологии», 2022. – 256 с.

3.Неупокоева, А. С. Аминокислотный состав мяса свиней разных генотипов. Актуальные проблемы и научное обеспечение развития современного животноводства: материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (11 апреля 2019 г.) / А. С. Неупокоева, А. В. Ильтяков. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2019. – С. 182-187.

4.Zhang S., Zeng X., Ren M., Mao X., Qiao Sh. Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review. Journal of Animal Science and Biotechnology. 2017;8(1):1-11.

5.Wang J., Chen L., Li P., Li X., Zhou H., Wang F., Li D., Yin Y., Wu G. Gene expression is altered in piglet small intestine by weaning and dietary glutamine supplementation. J. Nutrition. 2008;(138):1025–103.

6.Ильтяков, А. В. Метод повышения биологической полноценности мышечной и жировой ткани свиней / А. В. Ильтяков, И. Н. Миколайчик // Аграрный вестник Урала. – 2015. – Т. 136. – № 6. – С. 34-37.

7.Zhang F., Zheng W., Xue Y., Yao W. Suhuai suckling piglet hindgut microbiome-metabolome responses to different dietary copper levels. Applied Microbiology and

Biotechnology. 2019;103(2):853–868.
8.Кулинцев, В. В. Потребность в лизине молодняка свиней / В. В. Кулинцев, С. О. Османова, М. О. Омаров // Аграрная наука. – 2011. – № 9. – С. 16-19.
9.Зайко, О. А. Содержание макро- и микроэлементов в печени свиней скороспелой мясной породы (СМ-1) и их связь с уровнем свободных аминокислот в сыворотке крови. / О. А. Зайко, О. С. Короткевич, В. Л. Петухов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 5. – С. 51-53.
10.Морозова, Л. А. Аминокислотный состав мышечной ткани чистопородных и гибридных свиней в условиях континентального климата России. / Л. А. Морозова, И. Н. Миколайчик, А. В. Ильтяков, Е. С. Ступина, Г. мК. Дускаев // Аграрный вестник Урала. – 2019. – Т. 189. – № 10. – С. 40-46.
11.Петухова, М.А. Аминокислотный состав и биологическая ценность белков мяса свиней различных генотипов. / М. А. Петухова // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2016. – Т. 59. – № 2. – С. 118-123.
12.Федоренкова, Л. А. Содержание аминокислот в мышечной ткани молодняка свиней различных пород. / Л. А. Федоренкова, Р. И. Шейко, Е. А. Янович, М. А. Петухова, Н. М. Храмченко, А. Ч. Бурнос, Т. В. Батковская // Зоотехническая наука Беларуси. – 2015. – Т. 50. – № 1. – С. 180-189.
13.Шейко, Р. И. Биотехнологические приемы и методы улучшения качественных показателей свинины. / Р. И. Шейко // Молекулярная и прикладная генетика. – 2019. – № 27. – С. 80-89.
14.Zaitsev S.Yu., Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V. Correlations between the Major Amino Acids and Biochemical Blood Parameters of Pigs at Controlled Fattening Duration. Molecules. 2022;27:2278.
15.Булатов, А. П. Влияние природных сорбентов на качество продукции и естественную резистентность молодняка свиней. / А. П. Булатов, И. Н. Миколайчик // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 1. – С. 43-46.

REFERENCES

1. Chalvon-Demersay T., Luise D., Le Floc'h N., Tesseraud S., Lambert W., Bosi P., Trevisi P., Beaumont M., Corrent E. Functional amino acids in pigs and chickens: implication for gut health. Frontiers in Veterinary Science. 2021;8:1-13.
2. Zaitsev S.Yu., Bogolyubova N.V., Molyanova G.V. Biochemical blood analysis of a number of pig breeds and their hybrids. Moscow: Publishing House "Agricultural Technologies"; 2022. 256 p. (In Russ.)
3. Neupokoeva A.S., Iltyakov A.V. Amino acid composition of meat from pigs of different genotypes. Current problems and scientific support for the development of modern animal husbandry: materials of Vseros. (national) scientific-practical conf. (April 11, 2019). Kurgan: Publishing house of the Kurgan State Agricultural Academy; 2019. 182-187. (In Russ.)
4. Zhang S., Zeng X., Ren M., Mao X., Qiao Sh. Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review. Journal of Animal Science and Biotechnology. 2017;8(1):1-11.
5. Wang J., Chen L., Li P., Li X., Zhou H., Wang F., Li D., Yin Y., Wu G. Gene expression is altered in piglet small intestine by weaning and dietary glutamine supplementation J. Nutrition. 2008;(138):1025–103.
6. Iltyakov A.V., Mikolaichik I.N. A method for increasing the biological usefulness of muscle and fat tissue in pigs. Agrarian Bulletin of the Urals. 2015;136(6):34-37. (In Russ.)
7. Zhang F., Zheng W., Xue Y., Yao W. Suhuai suckling piglet hindgut microbiome-metabolome responses to different dietary copper levels. Applied Microbiology and Biotechnology. 2019;103(2):853–868.
8. Kulintsev V.V., Osmanova S.O., Omarov M.O. Requirement for lysine in young pigs. Agricultural Science. 2011;(9):16-19. (In Russ.)
9. Zaiko O.A., Korotkevich O.S., Petukhov V.L. The content of macro- and microelements in the liver of pigs of the early meat breed (SM-1) and their relationship with the

level of free amino acids in the blood serum. Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2013;(5):51-53. (In Russ.)
10. Morozova L.A., Mikolaichik I.N., Iltyakov A.V., Stupina E.S., Duskaev G.K. Amino acid composition of muscle tissue of purebred and hybrid pigs in the continental climate of Russia. Agrarian Bulletin of the Urals. 2019;189(10):40-46. (In Russ.)
11. Petukhova M.A. Amino acid composition and biological value of meat proteins from pigs of various genotypes. Reports of the National Academy of Sciences of Belarus. 2016;59(2):118-123. (In Russ.)
12. Fedorenkova L.A., Sheiko R.I., Yanovich E.A., Petukhova M.A., Khramchenko N.M., Burnos A.Ch., Batkovskaya T.V. Content of amino acids in the muscle tissue of young pigs of various breeds. Zootechnical science of Belarus. 2015;50(1):180-189. (In Russ.)
13. Sheiko R.I. Biotechnological techniques and methods for improving the quality indicators of pork. Molecular and applied genetics. 2019;(27):80-89. (In Russ.)
14. Zaitsev S.Yu., Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V. Correlations between the Major Amino Acids and Biochemical Blood Parameters of Pigs at Controlled Fattening Duration. Molecules. 2022;27:2278.
15. Bulatov A.P., Mikolaichik I.N. The influence of natural sorbents on product quality and natural resistance of young pigs. Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2006;(1):43-46. (In Russ.)

УДК: 636.4.033/636.02/637.661
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.329

АМИНОКИСЛОТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ТРЕХПОРОДНЫХ ГИБРИДОВ СВИНЕЙ В МОДЕЛИ ЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ

Контэ А.Ф. – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. отд. популяционной генетики и генетических основ разведения животных (ORCID 0000-0003-4877-0883); **Недашковский И.С.** – канд. биол. наук, науч. сотр. отд. популяционной генетики и генетических основ разведения животных (ORCID 0000-0003-0487-4576); **Воронина О.А.** – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0002-6774-4288); **Колесник Н.С.** – мл. науч. сотр. лаб. фундаментальных основ питания с-х животных и рыб (ORCID 0000-0002-4267-5300); **Савина А.А.** – науч. сотр. гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0003-0257-1643); **Зайцев С.Ю.*** – д-р биол. наук, проф., вед. науч. сотр. гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0003-1533-8680).

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

*s.y.zaitsev@mail.ru

Ключевые слова: *трехпородные гибриды свиней, аминокислотные показатели крови, модель смешанного уравнения, дисперсионная модель, генетические и фенотипические корреляции*

Key words: *three-breed pig hybrids, amino acid blood parameters, mixed equation model, dispersion model, genetic and phenotypic correlations*

Финансирование: *Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-16-00032-П*, https://rscf.ru/project/20-16-00032/

Поступила: 12.05.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Аминокислотные показатели дают важные и актуальные данные для объективной оценки физиолого-биохимического статуса организма и закономерностей формирования хозяйственно-полезных признаков животных. Цель данной работы - моделирование фенотипических и генетических закономерностей изменчивости основных аминокислотных показателей крови гибридов свиней в рамках модели смешанного уравнения. Получены и исследованы основные 19 аминокислотных показателей сыворотки крови от 58 голов трехпородных гибридов (Крупная Белая×Ландрас×Дюрок): содержание (г/100 мл) аспарагиновой кислоты и ее амида (ASP+ ASN) составляло 0,64; глутаминовой кислоты и ее амида (GLU+GLN) – 1,04; аланина (ALA) – 0,46; глицина (GLY) – 0,28; треонина (THR) – 0,34, серина (SER) – 0,39; цистеина (CYS) –0,21; метионина (MET) –0,07; валина (VAL) – 0,52; изолейцина (ILE) – 0,28; лейцина (LEU) –0,83; тирозина (TYR) – 0,46; фенилаланина (PHE – 0,50); гистидина (HIS) – 0,31; лизина (LYS)

– 0,69; аргинина (ARG) – 0,51; пролина (PRO) – 0,41. Для вычисления значений корреляций, ковариансе и вариансе признаков применяли модели с использованием программ REMLF90. Показано, что все аминокислоты обладают умеренными и сильными как фенотипическими, так и генетическими корреляциями (r>0,5). Все аминокислоты обладают достаточно плотной связью с основными биохимическими показателями. Из вышеизложенного может сделать заключение о том, что уравнение смешанной модели позволяет получить глубокое представление о характере изменчивости основных аминокислотных показателей крови, связанных в общую лабильную биохимическую систему.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Производство и потребление мяса является важным показателем развития любой страны, что отражено в большом числе публикаций, из которых только несколько сборников РОССТАТА [1, 2], российских монографий [3-5] и статей [6-10] будут рассмотрены в этом кратком введении. По данным РОССТАТА [1, 2] и ряда других работ [3-10] все последнее время Россия находилась в десятке лидеров по производству мяса в мире, а в последние годы Россия находилась на 4-м месте. Россия достигла к 2020-22 гг. производства мяса всех видов на уровне 11,2-11,7 млн. тонн, что составляет 3,3-3,8% мирового производства мяса в зависимости от методик подсчета [1-6]. Тенденция к росту мирового производства мяса в последние годы подтверждают недавние данные РОССТАТА и ФАО. Хотя многие европейские страны в 2021 и 2022 годах не достигли значений, полученных до времени COVID-19, но мировое производство мяса немного увеличивается благодаря выраженному увеличению в России, ряде регионов Азии, Северной и Южной Америки. Например, рост объемов производства свинины в России составляет около 38,8% за последние 6 лет [1, 2].

Известно, что в современном производстве как мясной продукции в целом, так и свиноводческой – в частности, особое внимание уделяется межпородному скрещиванию и гибридизации [11]. Например, гибриды свиней характеризуются более высоким уровнем продуктивности, что обусловлено лучшим жизненным тонусом по сравнению с чистопородными животными. Использование межпородного скрещивания позволяет повысить продуктивные качества свиней и способствует увеличению уровня белкового обмена веществ, содержания общего белка и альбумина в сыворотке крови двух- и трехпородного молодняка свиней [12-17]. Изучение аминокислотных показателей, а также, в целом, биохимические и молекулярно-генетические исследования крови животных. всегда занимали видное место среди методов объективной оценки обменных процессов в организме и закономерностей формирования полезных признаков [15-18].

Построение математических моделей биологических систем стало возможным благодаря исключительно интенсивной аналитической работе экспериментаторов: морфологов, биохимиков, физиологов, специалистов по молекулярной биологии и других [13-20]. В результате этой работы кристаллизованы различные модели и схемы, в рамках которых упорядоченно исследованы различные весьма сложные параметры [14-16]. Например, методы геномного прогнозирования в животноводстве, активно используют линейную смешанную модель ($y = X\beta + Za + \epsilon$) [17-21]. Данная модель представляет собой вектор фенотипов, где X - матрица встречаемости, связывающая фиксированные эффекты с индивидуумами, а Z – матрица генотипов. Параметрами, оцененными на основе модели, являются β - вектор негенетических фиксированных эффектов; α - вектор маркерных эффектов; ϵ – вектор остаточных значений или ошибок. Маркерные эффекты (вектор α) указывают случайные коэффициенты частичной регрессии для каждого из этих эффектов [14]. В подобной работе чаще всего используются семейство программ BLUPF90 с использованием REMLF90; методологии, с ограниченным максимальным правдоподобием – прогнозирование

REML / BLUP в сочетании с последовательным анализом [15-17]. Основным методом исследования и использования сложных моделей биологических систем является вычислительный компьютерный эксперимент, который требует применения адекватных методов вычислений для соответствующих математических систем, алгоритмов вычислений, технологий разработки и реализации компьютерных программ, хранения и обработки результатов компьютерного моделирования [18-20]. Эти требования подразумевают разработку общих и специальных теорий, методов, алгоритмов и технологий компьютерного моделирования в рамках различных направлений математической биологии [21].

Целью данной работы являлось моделирование фенотипических и генетических закономерностей изменчивости основных аминокислотных показателей крови гибридов свиней в рамках модели смешанного уравнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Были получены и исследованы основные аминокислотные показатели сыворотки крови от 58 голов трехпородных гибридов (Крупная Белая×Ландрас×Дюрок). Определение концентрации аминокислот (АК) в сыворотке крови осуществлялось методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией проб нингидрином. Для этого в отделе физиологии и биохимии с/х животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста имеется система высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония), оснащенная реакционным модулем для пост-колоночной дериватизации нингидрином АРМ-1000 (Sevko&Co, Россия) и колонка с ионообменной смолой (Sevko&Co, Россия). Подготовка проб для анализа осуществлялась в соответствии с ГОСТ 32195-2013. Для подготовки проб к анализу использовали кислый гидролиз в 6 Н HCl для разложения белков на отдельные аминокислоты с добавлением норлейцина в качестве внутреннего стандарта. Гидролиз выполняли в фторопластовых стаканах с завинчивающейся крышкой (CEM, США), в термостате при 110 °C в течение 24 часов. Методом ВЭЖХ общее содержание таких аминокислот, как ASP+ ASN, GLU+GLN, GLY, ALA, VAL, ILE, LEU, SER, THR, ARG, LYS, HIS, TYR, PHE (определяли при 570 нм), и PRO (определяли при 440 нм) оценивается. Так как метионин (MET) и цистеин (CYS) разрушаются в условиях гидролиза, то их необходимо предварительно перевести в стабильную форму путём окисления до цистеиновой кислоты и метионин сульфона, соответственно, и затем количественно оценивали при 570 нм. В свою очередь, тирозин (TYR) разрушается при окислении с последующим гидролизом, поэтому определяется в гидролизатах неокисленных проб. На основе полученных результатов была создана база данных, изучаемых АК-показателей.

Для анализа полученной базы данных авторы применили модель смешанного уравнения (1) с использованием процедуры REMLF90 и в ходе расчета получили значений варианс и корреляций для АК-показателей. Для вычисления значений генетических варианс и коварианс признаков применяли метод ограниченного максимального правдоподобия [22]. В качестве фиксированного (комплексного) фактора была выбрана комбинация трех параметров «fattening period × final live weight × gain» («FFG») или «период откорма × конечная живая масса × прирост». Этот подход существенно отличается от традиционных исследований, в которых в качестве фиксированного фактора применяют комплекс трех параметров «Heard – Years – Season» («HYS»), что означает «Стадо – год – сезон» [22]. Для определения силы влияния фиксированного фактора «FFG» использован дисперсионный анализ на основе уравнений (1 и 2):

$$Y_ink = \mu + [\![FFG]\!]_i + O_k + G_k + [\![Sire]\!]_n + e_ink, \quad (1)$$

где: Y_ink – оцениваемый показатель k-ого хрячка; μ – популяционная констан-

та; FFG_i – фиксированный эффект i-го «период откорма × конечная живая масса × прирост»; Sire_n – рандомизированный эффект n-го производителя (l=1, …, 3 гол.); e_ink – эффект неучтенных факторов.

Обозначим через x_ik, значение k - й величины в i - й группе. Уравнение модели однофакторного дисперсионного анализа можно представить в виде:

$$x_ik = a + m_i + \varepsilon_ik, \quad (2)$$

где: a - генеральное среднее всех результатов наблюдений, т.е. M(X), m_i - эффект влияния на X, вызванный i-м уровнем фактора A, иначе, отклонение математического ожидания a_i результативного признака при i-м уровне фактора от общего математического ожидания a, т.е. m_i = a_i - a; ε_ik - случайный остаток, отражающий влияние на величину x_ik всех других неконтролируемых факторов.

В этой работе использовалось семейство программ BLUPF90 [15,16] с использованием REMLF90; методологии, с ограниченным максимальным правдоподобием – прогнозирование REML / BLUP в сочетании с последовательным путевым анализом [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Во-первых, авторами были проанализированы полученные показатели аминокислотного состава сыворотки крови гибридов свиней статистическими методами [21] и полученные основные данные представлены ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Статистические результаты анализа основных аминокислотных показателей крови гибридов свиней

Показатели	X	±x	σ	Cv	Kurt	Min.	Max.
ASP+ASN	0.64	0.007	0.05	7.97	0.30	0.51	0.75
THR	0.34	0.005	0.04	11.79	-0.47	0.26	0.42
SER	0.39	0.011	0.08	21.54	0.19	0.23	0.61
GLU+GLN	1.04	0.013	0.10	9.41	-0.16	0.80	1.24
GLY	0.28	0.004	0.03	11.47	-0.44	0.21	0.34
ALA	0.46	0.005	0.04	8.81	-0.60	0.36	0.52
CYS	0.21	0.003	0.03	12.47	4.60	0.16	0.32
VAL	0.52	0.007	0.05	10.61	-0.57	0.41	0.62
MET	0.07	0.003	0.02	32.35	2.03	0.04	0.14
ILE	0.28	0.003	0.03	9.43	0.07	0.22	0.33
LEU	0.83	0.009	0.07	8.22	-0.10	0.67	0.95
TYR	0.46	0.006	0.05	9.96	-0.61	0.38	0.56
PHE	0.50	0.005	0.04	8.32	-0.49	0.42	0.59
HIS	0.31	0.004	0.03	9.60	-0.31	0.24	0.36
LYS	0.69	0.007	0.06	8.25	0.12	0.55	0.80
ARG	0.51	0.007	0.05	10.35	1.70	0.39	0.67
PRO	0.41	0.008	0.06	15.07	-0.34	0.31	0.57

Примечания: X – среднее значение; ±x – ошибка среднего значения; σ – стандартное отклонение; Cv – коэффициент вариации; Kurt (kurtosis) – коэффициент эксцесса; Min. – минимальное значение; Max. – максимальное значение. Здесь и далее: ASP+ASN – аспарагиновая кислота и ее амид, THR – треонин, SER – серин, GLU+GLN – глутаминовая кислота и ее амид, GLY – глицин, ALA – аланин, CYS – цистеин, VAL – валин, MET – метионин, ILE – изолейцин, LEU – лейцин, TYR – тирозин, PHE – фенилаланин, HIS – гистидин, LYS – лизин, ARG – аргинин, PRO – пролин.

Все проанализированные аминокислотные показатели крови исследуемых образцов обладали значениями в пределах физиологически допустимых норм для указанных гибридов свиней (таблица 1). При этом относительное содержание (% от всех 19 АК) аспарагиновой кислоты и ее амида (ASP+ASN), которые определялись совместно, составляло 8,06%; глутаминовой кислоты и ее амида (GLU+GLN) – 13,10%; аланина (ALA) – 5,79%; глицина (GLY) – 3,53%; треонина (THR) – 4,28%; серина (SER) – 4,91%; цистеина (CYS) – 2,64%; метионина (MET) – 0,88%; валина (VAL) – 6,55%; изолейцина (ILE) – 3,53%; лейцина (LEU) – 10,45%; тирозина (TYR) – 5,79%; фенилаланина (PHE) – 6,30%; гистидина (HIS) – 3,90%; лизина (LYS) – 8,69%; аргинина (ARG) – 6,42%; пролина (PRO) – 5,16%. Таким образом, относительное содержание указанных аминокислот изменяется в разы: от 13,10% для GLU+GLN до 2,64%-3,53% для CYS, GLY и ILE, соответственно (таблица 1).

Напротив, показатели АК, определяющие параметры изменчивости и стабильности распределения данных значений выборки, включая стандартные отклонения (σ), не имеют существенных отклонений. Касаемо коэффициента вариации или относительного стандартного отклонения, то среди аминокислотных показателей (таблица 1) наибольшей долей изменчивости характеризовались: MET> SER> PRO > CYS >THR > GLY > VAL > ARG > TYR > HIS > ILE > GLU+GLN > ALA > PHE > LYS > LEU > ASP+ ASN. Относительно же пика распределения случайных величин показателей и коэффициента эксцесса (kurtosis) то практически все данные имели незначительны отклонения, за исключением показателей CYS и MET. Это связано с исключительно малым содержанием MET и небольшим – CYS, в крови исследуемых гибридов свиней, порядка 0,88% и 2,64% от суммы всех АК, соответственно (таблица 1).

Для лучшего понимания влияния изученных факторов на аминокислотный состав белков крови, авторы представили эти данные графически. На рисунке 1 приведены средние значения аминокислотного состава белков крови, разделенные по уровням влияния соответствующих факторов.

Как следует из данных, приведенных на рисунке 1, большинство измеренных аминокислотных показателей находятся в приближенно равномерном распределении, варьируясь от примерно 0,2 до 0,6, т.е. подвержены достоверному влиянию указанных выше факторов. Некоторые из аминокислотных показателей (GLU+GLN, LEU, ASP+ ASN) достигают более высоких значений, находящихся в диапазоне от ~0,6 до 1,1. Это позволяет наглядно оценить разнообразие влияния данных факторов на аминокислотный профиль белков крови (рис. 1).

Наиболее ценным подходом при обработке АК-параметров крови гибриды свиней явилось использование фиксированного фактора «FFG» как комбинации трех параметров «fattening period × final live weight × gain» или «период откорма × конечная живая масса × прирост». Поскольку объектом наших исследований выбраны гибриды свиней, то, проверив большое число комбинаций параметров, авторы посчитали, что наилучшим фиксированным фактором является именно «FFG». Этот подход существенно отличается от традиционных исследований по ряду видов сельскохозяйственных животных, в которых (при использовании линейных уравнений и зачастую BLUP) в качестве фиксированного фактора применяют комплекс трех параметров «Heard – Years – Season» («HYS»), что означает «Стадо – год – сезон». Использование фиксированного фактора «HYS» особенно результативно относительно молекулярно-генетических исследований крупного рогатого скота [17, 20]. Преимуществом нашего подхода, т.е. того, что параметры «период откорма», «конечная живая масса» и «прирост» объединены и включены в модель как один комбинированный фактор «FFG», является учет влияния не только каждого из этих парамет-

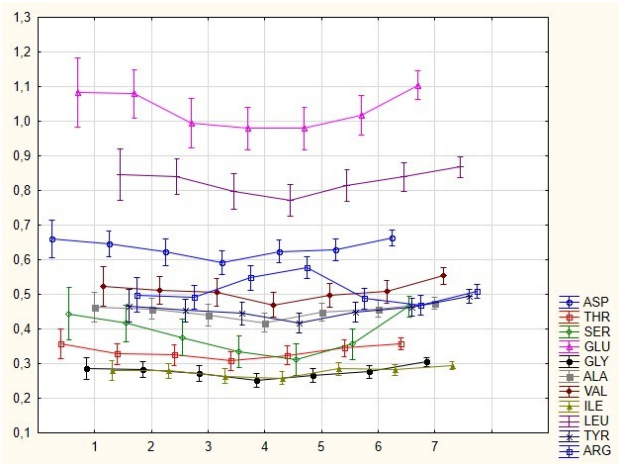


Рисунок 1 – Декомпозиция средних значений аминокислотного состава белков крови в зависимости от фактора влияния.

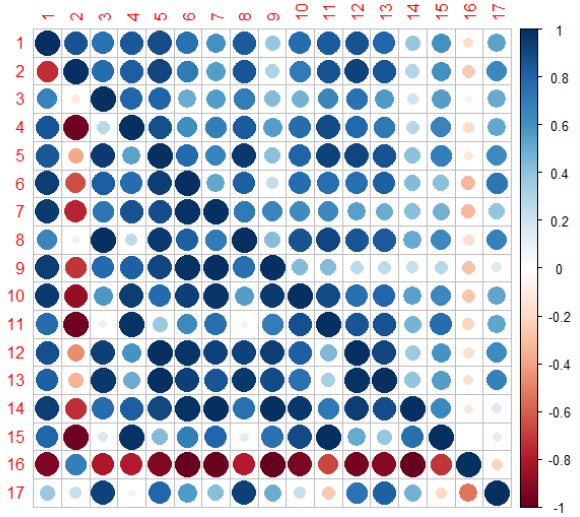


Рисунок 2 – Коррелограмма связей (генотипических и фенотипических как верхняя и нижняя части, соответственно) между аминокислотными показателями (1 – аспарагиновая кислота, 2 – треонин, 3 – серин, 4 – глутаминовая кислота, 5 – глицин, 6 – аланин, 7 – цистеин, 8 – валин, 9 – метионин, 10 – изолейцин, 11 – лейцин, 12 – тирозин, 13 – фенилаланин, 14 – гистидин, 15 – лизин, 16 – аргинин, 17 – пролин) крови гибридов свиней.

ров (как соответствующих ключевых факторов в животноводстве [12]) по отдельности, но и всевозможных взаимодействий между ними.

Впервые авторы применили дисперсионный анализ для определения правильности модели и подходов к расчету на основе уравнения, приведенного в разделе «Материалы и методы». Главным достоинством предложенных подходов является определение степени («тесноты») взаимосвязи между фактором «период откорма × конечная живая масса × прирост» и аминокислотными показателями крови гибридов свиней. Например, это позволяет дополнительно определить коэффициент детерминации или силу влияния фактора как элемента воздействия. Показано, что между фактором «FFG» и рядом аминокислотных показателей состава белков крови имеется положительная достоверная связь согласно критерию Фишера (F) и в соответствии с процедурой дисперсионного анализа. Это наглядно показано на рис. 2, где аминокислотные показатели проявляют яркие закономерности генетических и фенотипических корреляций (верхняя и нижняя части коррелограммы на рис. 2, соответственно).

Важно, что высокими значениями коэффициентов генетических корреляций (r = 0,51-0,99) обладают большинство аминокислот (14 из 19), за исключением та-

ких аминокислотных показателей как CYS, MET, ARG, HIS, и LYS (рис. 2). С точки зрения структурно-функциональных свойств и биохимии обменных процессов, понятны слабые зависимости (относительно низкие значения) только для серо-содержащих и катионных аминокислот. Практически те же пять аминокислот (рис. 2) обладают невысокими коэффициентами и в случае фенотипических корреляций.

Очень важно, что высокая степень детерминации согласно рассчитанным коэффициентам (R1 и R2) указывает на высокую степень влияния фактора «FFG» для таких аминокислотных показателей как SER (0,70 и 0,46) > ARG (0,65 и 0,42) > GLY (0,59 и 0,35) > TYR (0,56 и 0,32) > GLU+GLN (0,55 и 0,30) > VAL (0,52 и 0,27) > ASP+ ASN (0,49 и 0,24) > LEU (0,49 и 0,24) > ALA (0,47 и 0,22) = ILE (0,47 и 0,22) > THR (0,46 и 0,21). С другой стороны, выявлена относительно низкая степень влияния фактора «FFG» для таких аминокислотных показателей как PHE (0,44 и 0,20) > CYS (0,43 и 0,19) = MET (0,43 и 0,19) > LYS (0,42 и 0,18) > HIS (0,41 и 0,17) > PRO (0,40 и 0,16).

Указанные выше результаты подтверждаются значениями «F»-критерия, который оценивает статистическую значимость различия средних в группах, и «p», который оценивает вероятность ошибочного результата. Например, значения указанных критериев («F» - высокие и «p» - низкие) для таких аминокислотных показателей как SER (7,98 и 0,000004), ARG (6,12 и 0,000070), GLY (4,56 и 0,000900), TYR (3,96 и 0,002523), GLU+GLN (3,63 и 0,004501), которые занимали и первые строки по рассчитанным коэффициентам (R1 и R2). В следующей группе АК-параметров значения этих критериев («F» и «p») занимаю среднее положение: для таких аминокислотных показателей как VAL (3,20 и 0,009865), ASP+ ASN (2,62 и 0,027121), LEU (2,66 и 0,025543), ILE (2,43 и 0,038654), ALA (2,36 и 0,043457), THR (2,29 и 0,049106), PHE (2,09 и 0,070643), которые занимали средние строки по рассчитанным коэффициентам (R1 и R2). На нижних строчках стоят такие аминокислотные показатели как MET (2,01 и 0,081637), CYS (1,96 и 0,088356), LYS (1,81 и 0,115016), HIS (1,75 и 0,128579), PRO (1,63 и 0,158549).

Считается, что генетическая корреляция между признаками может более точно отражать наблюдаемую (фенотипическую) между двумя признаками, но генетические корреляции также могут быть противоположными наблюдаемым фенотипическим корреляциям. Это можно проследить в нашем исследовании на примере аминокислоты треонин, когда фенотипические и генетические связи характеризуются достаточно высокими значениями связи (0.5…0.8), но с противоположными знаками (рис. 2). Таким образом, можно предположить, что эта одна из важных аминокислот, играющих важную роль в развитии и работе кишечника и барьерной функции имеет более генетически обусловленную связь с остальными аминокислотами. Связь аргинина с остальными аминокислотами имеет и фенотипическую и генетическую обусловленность. Для более полной характеристики и поиска закономерностей, а также балансировки аминокислот в рационе следует в дальнейшем использовать данные не только по 58 головам животных, а по более большому массиву с вовлечением в модель показателей продуктивности, что позволило бы получить более репрезентативные результаты. Нами продолжаются исследования по уточнению, какие именно молекулярные механизмы лежат в основе влияния фактора «FFG» на аминокислоты. В целом, результаты исследования указывают на то, что генетические факторы играют важную роль в регуляции аминокислотного состава крови. Это, прежде всего, связано с тем, что некоторые аминокислоты могут быть предшественниками синтеза других аминокислот и/или участвовать в образовании белков. В этом случае изменения в уровне одной аминокислоты могут привести к изменениям в уровнях других аминокислот через общие метаболические пути.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Уравнение смешанной модели позволяет исследователям получить более глубокое представление о характере изменчивости в связи с закономерностями генетических и фенотипических корреляций. Точность таких параметров как варианса, и корреляция выше при использовании данного подхода, т.к. фенотипическая корреляция является только двумерной моделью отражения связи между признаками. Решение уравнения смешанной модели позволило нам получить значения генетических корреляций, используемых в биометрической генетике для выяснения генетических причин статистической связи между признаками. Высокие генетические корреляции позволяют предположить, что в основе фенотипических корреляций может лежать общий генетический контроль обоих признаков. Полученные результаты и их анализ позволяют в будущем разработать более эффективные методы коррекции нарушений аминокислотного обмена и профилактики заболеваний, связанных с дисбалансом содержания аминокислот.

AMINO ACID BLOOD PARAMETERS OF THREE-BREED HYBRID PIGS IN THE LINEAR EQUATION MODEL

Konte A.F. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding (ORCID 0000-0003-4877-0883); **Nedashkovsky I.S.** – Candidate of Biological Sciences, Researcher Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding (ORCID 0000-0003-0487-4576); **Voronina O.A.** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher analytical biochemistry groups (ORCID 0000-0002-6774-4288); **Kolesnik N.S.** – Junior Researcher, laboratories of the fundamental principles of nutrition of farm animals and fish (ORCID 0000-0002-4267-5300); **Savina A.A.** – Researcher, analytical biochemistry groups (ORCID 0000-0003-0257-1643); **Zaytsev S.Yu.*** – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, analytical biochemistry groups (ORCID 0000-0003-1533-8680).

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst

*s.y.zaitsev@mail.ru

Financing: *The research was carried out with the support of the Russian Science Foundation, grant No. 20-16-00032-P, https://rscf.ru/project/20-16-00032/*

ABSTRACT

Amino acid parameters provide important and relevant data for objective assessment of physiological and biochemical status of organism and patterns of formation of economically useful traits of animals. The objective of this work is to model phenotypic and genetic patterns of variability of main amino acid parameters of blood of pig hybrids within the framework of mixed equation model. Main 19 amino acid parameters of blood serum of 58 heads of three-breed hybrids (Large White × Landrace × Duroc) were obtained and studied: content (g/100 ml) of aspartic acid and its amide (ASP+ ASN) was 0.64; glutamic acid and its amide (GLU+GLN) – 1.04; alanine (ALA) – 0.46; glycine (GLY) – 0.28; threonine (THR) – 0.34, serine (SER) – 0.39; cysteine (CYS) – 0.21; methionine (MET) –0.07; valine (VAL) – 0.52; isoleucine (ILE) – 0.28; leucine (LEU) –0.83; tyrosine (TYR) – 0.46; phenylalanine (PHE – 0.50); histidine (HIS) – 0.31; lysine (LYS) – 0.69; arginine (ARG) – 0.51; proline (PRO) – 0.41. To calculate the correlation values, covariance and variance of features, models using the REMLF90 programs were fulfilled. It was shown that all amino acids have moderate and strong both phenotypic and genetic correlations (r> 0.5). All amino acids have a fairly close connection with the main biochemical indices. From the above, we can conclude that the equation of the mixed model allows us to obtain a deep understanding of the nature of the variability of the main amino acid indices of the blood, connected in a complex labile biochemical system.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Россия и страны мира. 2022: Статистический сборник, Росстат. М.: Федеральная служба государственной статистики; 2022. 400 с.
2. Российский статистический ежегодник. 2023: Статистический сборник, Росстат. М.: Федеральная служба государственной статистики; 2023. 701 с.
3. Данкверт С.А. Холманов А.М., Осадчая О.Ю. Скотоводство стран мира. М.: ВИЖ им. Л.К. Эрнста; 2007. 608 с.
4. Данкверт С.А., Холманов А.М., Осадчая О.Ю. Производство мяса в мире. М.: Экономика; 2016. 495 с.
5. Чинаров А.В. Мясное животноводство России: проблемы и перспективы. Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста; 2017. 160 с.
6. Чинаров В.И. Научное обеспечение реализации Стратегии развития мясного животноводства в Российской Федерации. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2023; 3:2-9.
7. Трухачев В.И. Лещева М.Г., Юлдашбаев Ю.А. Мясной рынок России: анализ состояния и перспективы развития. Достижения науки и техники АПК. 2012; 11:3-9.
8. Шамина О.В. Роль мясного скотоводства в формировании мясного баланса России. Российский журнал менеджмента. 2023; 2:184-190.
9. Зимняков В.М. Состояние и перспективы развития производства мяса. Нива Поволжья. 2015;3(36):128-132.
10. Дусаева Е.М., Куванов Ж.Н. Статистическое исследование мирового рынка говядины. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013;3(41):166-170.
11. Перевойко Ж.А., Косилов В.И. Воспроизводительная способность свиноматок крупной белой породы и ее двухтрёхпородных помесей. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014;6(50):161-163.
12. Зиновьева Н., Сермягин А., Костюнина О. Новая стратегия генетического совершенствования свиней. Животноводство России. 2019;S2:15-17. DOI: 10 .257 0 1/ZZR.20 19 .7 8 .9 7 .0 11
13. Rakhimberdiev K., Ishnazarov A., Adilchaev R., Nazarbaev O., Utemuratov R., & Boldireva S. Prospects of Digitalization of the Animal Husbandry Process in the Context of the Digital Economy: Economic-Mathematical Modeling of the Problem of Feed Ration and Programming in Python. In Proceedings of the 7th International Conference on Future Networks and Distributed Systems; 2023. 511-516. https://doi.org/10.1145/3644713.3644789
14. Lim K.S., Cheng J., Putz A., Don, Q., Bai X., Beiki H., Dekkers, J. C. Quantitative analysis of the blood transcriptome of young healthy pigs and its relationship with subsequent disease resilience. BMC genomics. 2021;22:1-18.
15. Park B., Choi T.J., Park M.N., Oh S.H. Estimation of environmental effects and genetic parameters of carcass traits on Chikso (Korean brindle cattle). Asian-Australasian journal of animal sciences. 2020;33(4):525. doi:10.5713/ajas.19.0136
16. Мельникова Е.Е., Никитин С.А., Кабанов А.В., Сермягин А.А., Харитонов С.Н., & Зиновьева Н.А. Использование селекционных индексов в разных системах разведения свиней материнских пород. Российская сельскохозяйственная наука. 2020;(4):46. DOI:10.31857/S2500262720040110
17. Olivoto T., Nardino M., Carvalho I.R., Follmann D.N., Ferrari M., Szareski V.J., de Pelegrin A.J., de Souza V.Q. REML/BLUP and sequential path analysis in estimating genotypic values and interrelationships among simple maize grain yield-related traits. Genet. Mol. Res. 2017;16(1). doi: 10.4238/gmr16019525
18. Зайцев С.Ю., Боголюбова Н.В., Молянова Г.В. Биохимический анализ крови ряда пород свиней и их гибридов. М.: Сельскохозяйственные технологии; 2022. 256 с.
19. Fatkullin R.R., Ermolova E.M., Kosilov V.I., Matrosova Y.V., Chulichkova S.A. Biochemical status of animal organism under conditions of technogenic agroecosystem. Advances in Engineering Research. 2018;182-186.

20. Соловьёва О.Э., Васильева А.Д., Кацнельсон Л.Б., Курсанов А.Г., Сульман Т.Б., Мархасин В.С Математическое моделирование живых систем. Екатеринбург: Урал. ун-та, 2013. 328с.
21. Контэ А.Ф., Воронина О.А., Колесник Н.С., Савина А.А., Зайцев С.Ю. Изменчивость показателей аминокислотного состава сыворотки крови трехпородных гибридов свиней на основе модели линейного уравнения. Свиноводство. 2023;6:48-52.

REFERENCES

1. Russia and the countries of the world. 2022: Statistical collection, Rosstat. M.: Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki; 2022. 400 p. (In Russ.).
2. Russian Statistical Yearbook 2023. Statistical collection, Rosstat. M.: Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki; 2023. 701 p. (In Russ.).
3. Dankvert S.A., Holmanov A.M., Osadchaya O.Yu. Cattle breeding of the countries of the world. M., 2007. 608 p. (In Russ.)
4. Dankvert S.A., Holmanov A.M., Osadchaya O.Yu. Meat production in the world. M. Ekonomika. 2016. 495 p. (In Russ.)
5. Chinarov A.V. Meat animal husbandry in Russia: problems and prospects. Dubrovicy: VIZh im. L.K. Ernsta. 2017. 160 p. (In Russ.)
6. Chinarov V.I. Scientific support for the implementation of the Strategy for the development of meat farming in the Russian Federation. Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy / Economics of agricultural and processing enterprises. 2023;3:2-9. (In Russ.)
7. Truhachev V.I., Leshcheva M.G., Yuldashbaev Yu.A. Russian meat market: analysis of the state and prospects of development. Dostizheniya nauki i tekhniki APK / Achievements of Science and Technology of AIC. 2012;11:3-9. (In Russ.)
8. Shamina O.V. The role of beef cattle breeding in the formation of the meat balance in Russia. Rossijskij zhurnal menedzhmenta / Russian Journal of Management. 2023;2:184-190. (In Russ.)
9. Zimnyakov V.M. The state and prospects of meat production development. Niva Povolzh'ya / Niva Povolzhya 2015;3(36):128-132. (In Russ.)
10. Dusaeva E.M., Kuvanov Zh.N. Statistical study of the global beef market. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta / Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2013;3(41):166-170. (In Russ.).
11. Perevojko Zh.A., Kosilov V.I. Reproductive ability of sows of a large white breed and its two- and three-breed hybrids. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta / Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2014;6(50):161-163. (In Russ.)
12. Zinov'eva N., Sermyagin A., Kostyunina O. A new strategy for genetic improvement of pigs. Zhivotnovodstvo Rossii / Animal husbandry in Russia. 2019;S2:15-17. (In Russ.)
13. Rakhimberdiev K., Ishnazarov A., Adilchaev R., Nazarbaev O., Utemuratov R., Boldireva S. Prospects of Digitalization of the Animal Husbandry Process in the Context of the Digital Economy: Economic-Mathematical Modeling of the Problem of Feed Ration and Programming in Python. In Proceedings of the 7th International Conference on Future Networks and Distributed Systems; 2023. 511-516. https://doi.org/10.1145/3644713.3644789
14. Lim K.S., Cheng J., Putz A., Don, Q., Bai X., Beiki H., Dekkers, J. C. Quantitative analysis of the blood transcriptome of young healthy pigs and its relationship with subsequent disease resilience. BMC genomics. 2021;22:1-18.
15. Park B., Choi T.J., Park M.N., Oh, S.H. Estimation of environmental effects and genetic parameters of carcass traits on Chikso (Korean brindle cattle). Asian-Australasian journal of animal sciences. 2020;33(4):525. doi: 10.5713/ajas.19.0136
16. Melnikova E.E., Nikitin S.A., Kabanov A.V., Sermyagin A.A., Kharitonov S.N., & Zinovieva N.A. (2020). The use of breeding indices in different breeding systems for pigs of maternal breeds. Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka / Russian agricultural Science. 2020;(4):46. DOI:10.31857/

S2500262720040110
17. Olivoto T., Nardino M., Carvalho I.R., Follmann D.N., Ferrari M., Szareski V.J., de Pelegrin A.J., de Souza V.Q. REML/BLUP and sequential path analysis in estimating genotypic values and interrelationships among simple maize grain yield-related traits. Genet Mol Res. 2017;16(1). doi: 10.4238/gmr16019525
18. Zaitsev S.Yu., Bogolyubova N.V. Molyanova G.V. Biochemical blood analysis of a number of pig breeds and their hybrids. M.: Sel'skohozyajstvennye tekhnologii; 2022. — 256 s. (In Russ.)
19. Fatkullin R.R., Ermolova E.M., Kosilov V.I., Matrosova Y.V., Chulichkova S.A. Biochemical status of animal organism under conditions of technogenic agroecosystem. Advances in Engineering Research. 2018;182-186.
20. Solovyova O.E., Vasilyeva A.D., Katsnelson L.B., Kursanov A.G., Sulman T.B., Markhasin V.S. Mathematical modeling of living systems. Yekaterinburg: Ural Univ.; 2013. 328s.
21. Konte A.F., Voronina O.A., Kolesnik N.S., Savina A.A., Zaitsev S.Yu. Variability of indicators of amino acid composition of blood serum of three-breed pig hybrids based on a linear equation model. Svinovodstvo / Pig farming. 2023;6:48-52.

УДК: 619:636.3
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.340

ЭНДОБИОНТНЫЕ ИНФУЗОРИИ СНЕЖНОГО БАРАНА, ОБИТАЮЩЕГО В ЯКУТИИ

Слепцов Е.С.[1*] – д-р ветеринар. наук, гл. науч. сотр. лаборатории оленеводства и традиционных отраслей (ORCID 0000-0002-7478-9011); **Алферов И.В.** [1] – канд. с.-х. наук, мл. науч. сотр. лаборатории селекции и разведения лошадей (ORCID 0000-0002-9795-5238); **Племяшов К.В.** [2] – д-р ветеринар. наук, член-корреспондент РАН, профессор РАН; **Виноходов В.О.** [2] – канд. ветеринар. наук, доц. каф. микробиологии, вирусологии и иммунологии; **Григорьев И.И.**[1] – канд. ветеринар. наук, науч. сотр. лаборатории оленеводства и традиционных отраслей; **Григорьева Н.Н.**[3] – канд. биол. наук, доц. каф. физиологии и сельскохозяйственных животных и экологии.

[1] ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» – Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова
[2] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»
[3] ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет»

*evgeniycemenovic@mail.ru

Ключевые слова: *инфузории, снежный баран, преджелудки жвачных, физиология пищеварения, симбионтные организмы.*

Key words: *ciliates, bighorn sheep, snow Sheep, forestomach of ruminants, physiology of digestion, symbiont organisms.*

Финансирование: *Исследование выполнено на средства гранта РНФ 22-16-20013 совместно с АНО Академия наук Республики Саха Якутия*

Поступила: 06.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Исследование содержимого желудочно-кишечного тракта дикого снежного барана в различных регионах Якутии позволило выявить значительное разнообразие эндобионтных инфузорий, играющих важную роль в пищеварении этого животного. Обнаружено 12 видов инфузорий, принадлежащих к родам Entodinium, Eudiplodinium, Polyplastron, Metadinium и Ophryoscolex, среди которых были выявлены три новых вида, отличающиеся по морфологии и описанию. Особенности симбиофауны варьируются в зависимости от географического расположения популяций снежного барана: например, в эвено-бытантайском улусе обнаружено 11 видов, в оймяконском — 7, семь из которых общие для обеих популяций. Интересное наблюдение заключается в том, что эффективность пищеварения снежного барана напрямую зависит от ферментативной активности конкретных видов инфузорий, что сходно с другими крупными травоядными животными Якутии. Инфузории проявляют способность к длительному выживанию в зимних условиях, что существенно для переваривания грубой растительной пищи, доступной в этой суровой среде. Это исследование подчеркивает важность взаимодействия микроорганизмов и их хозяев для оптимизации пищеварения и выживаемости в условиях экстремального сибирского климата.

Дальнейшие исследования в этом направлении могут значительно способствовать не только сохранению биоразнообразия, но и разработке новых подходов в ветеринарии и экологии. Открытие трех новых видов инфузорий призвано обогатить базу данных о микроорганизмах, а также может быть важным шагом к пониманию биологических адаптаций к суровым условиям Якутии. Понимание этого взаимодействия может иметь долгосрочные последствия для управления популяциями диких животных, особенно в контексте изменения климата и сохранения биоразнообразия.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Снежный баран (чубук, толсторог, лат. Ovis nivicola Eschscholtz) – вид парнокопытных из рода баранов (сем. Bovidae), распространённый в Восточной Сибири. Населяет горные районы от границы лесного пояса до верхнего горного пояса на территории Якутии.

Некоторые авторы не выделяют снежного барана в отдельный вид, а относят его к толсторогам (Ovis canadensis) в качестве подвида Ovis canadensis nivicola [1].

Якутский снежный баран обитает на склонах верхоянского хребта, хребта Черского, станового хребта, южного оймяконского нагорья и момской долины. Эти животные постоянно мигрируют, переходят с летних пастбищ на зимние и обратно в зависимости от времени года и поиска солонцовых почв. Рацион снежных баранов включает различные травы, мхи, лишайники, ветки деревьев, грибы, листья, хвою, цветы, ягоды и плоды растений. В зимний период года они питаются кустарниками, ивой, березой, лишайниками и растительными остатками.

Не исключён вопрос о постепенном одомашнивании снежного барана и его возможном хозяйственном использовании для производства молока и мяса на бедных горных пастбищах, где крупный рогатый скот и северные олени не могут прокормиться круглый год. Поэтому изучение этого животного и особенностей физиологии его пищеварения является актуальной задачей.

Многие сообщества эндобионтов до сих пор остаются мало изученными. Недостаточно изучено многообразие инфузорий, обитающих в желудочно-кишечном тракте диких жвачных животных. Многие вопросы по их нормальной морфологии и систематике остаются без ответа, а также остаются открытыми аспекты их физиологической роли в процессе пищеварения у снежного барана, хорошо адаптированного к жизни в условиях Сибири.

Изучение взаимодействия снежного барана с его микробиотой, включая инфузории, находящиеся в его желудочно-кишечном тракте, представляет собой значимую научную задачу. Эти микроорганизмы играют важную роль в процессе пищеварения, помогая животному извлекать питательные вещества из трудноперевариимых растительных материалов, таких как древесная хвоя, кора и мелкие ветки деревьев и кустарников. Особенно интересно изучение их адаптации к экстремальным условиям сибирского климата.

Для полного понимания этого вопроса необходимо более глубокое исследование морфологии, систематики и функций инфузорий в организме снежного барана. Понимание этих аспектов может пролить свет на механизмы, обеспечивающие выживаемость снежного барана в условиях его природной среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование разнообразия симбиофауны снежного барана мы проведили в лаборатории воспроизводства и физиологии животных ФИЦ ЯНЦ СО РАН ЯКУТСКИЙ НИИСХ им. М.Г. Сафронова.

Отбор проб содержимого из всех отделов желудочно-кишечного тракта осуществляли при послеубойном осмотре туш убитых охотниками животных, чрева и внутренних органов. Пробы помещали в стерилизованные емкости объемом 10 мл, содержащие 10%-ный раствор формалина.

Материал из разных отделов желудочно-кишечного тракта исследовали микро-

скопическим методом в фиксированных мазках-отпечатках проб. Идентификацию обнаруженных инфузорий проводили морфологически по определителям Догеля В.А. (1929) и Корниловой О.А. (2003, 2010) [2,3,4,5]. Для контрастирования препаратов использовали методы окрашивания метиловым зеленым и раствором Люголя. Определение размеров инфузорий и их внутриклеточных структур проводили микроскопическим методом с объект-микрометром и окулярным микрометром. Данные морфометрии рассчитаны по результатам измерений не менее 30 экземпляров каждого вида инфузории.

Численность инфузорий в исследуемых образцах определяли методом «калиброванной капли» по методике Корниловой О.А. [6]. Полученные данные о видовом составе эндобионтных инфузорий снежного барана проанализированы по коэффициенту сходства Жаккара-Малышева и индексу общности фаун Чекановского-Сьеренсена. Статистический анализ полученных данных выполнен в программе "Microsoft Excel" методом хи-квадрат.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исследование содержимого желудочно-кишечного тракта дикого снежного барана выявило 12 видов эндобионтных инфузорий, отнесенных к родам Entodinium, Eudiplodinium, Polyplastron, Metadinium и Ophryoscolex. Симбиофауны баранов, обитающих в различных регионах Якутии, оказались разнообразными: например, популяция животных эвено-бытантайского улуса содержит 11 видов, в то время как в оймяконском улусе было обнаружено 7 видов из 2 родов. Семь видов инфузорий были общими для обеих популяций. Коэффициент сходства Жаккара-Малышева составил 0,64, а индекс общности Чекановского-Сьеренсена - 77,7%.

В результате исследований были выявлены три новых вида эндобионтных инфузорий у снежного барана, отличающихся от известных видов как по морфологии, так и по описанию. Эти виды были определены как принадлежащие к роду Eudiplodinium и будут дальше идентифицированы.

Отмечается, что пищеварение у снежного барана зависит от ферментативной активности определенных видов инфузорий, аналогично другим крупным травоядным животным Якутии. Разнообразие симбионтов у этих животных ограничено. Исследование показало, что 12 видов инфузорий эффективно размножаются и ферментируют субстрат, различаясь в видовом составе у разных популяций. Семь видов инфузорий были общими для всех снежных баранов.

Инфузории способны выживать длительное время в зимних условиях в низкопитательном химусе преджелудков, что способствует перевариванию грубой пищи, такой как ветви растений, мхи, лишайники и другие грубые субстраты.

Исследование симбиофауны желудочно-кишечного тракта дикого снежного барана в Якутии подчеркивает значимость взаимодействия микроорганизмов и хозяина для оптимизации процессов пищеварения. Этот пример исследования демонстрирует, как биологическое разнообразие может адаптироваться к экстремальным условиям среды, таким как суровая зима и низкий доступ к питательным веществам. Дальнейшее изучение таких взаимодействий может иметь важное значение не только для сохранения биоразнообразия, но и для разработки инновационных подходов в ветеринарии и экологии.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Исследование содержимого желудочно-кишечного тракта дикого снежного барана в различных регионах Якутии позволило выявить значительное разнообразие эндобионтных инфузорий, играющих важную роль в пищеварении этого животного. Обнаружено 12 видов инфузорий, принадлежащих к родам Entodinium, Eudiplodinium, Polyplastron, Metadinium и Ophryoscolex, среди которых были выявлены три новых вида, отличающиеся по морфологии и описанию. Особенности симбиофауны варьируются в зависимости от географического расположения попу-

ляций снежного барана: например, в эвено-бытантайском улусе обнаружено 11 видов, в оймяконском — 7, семь из которых общие для обеих популяций.

Важно отметить, что эффективность пищеварения снежного барана напрямую зависит от ферментативной активности конкретных видов инфузорий, что сходно с другими крупными травоядными животными Якутии. Инфузории проявляют способность к длительному выживанию в зимних условиях, что существенно для переваривания грубой растительной пищи, доступной в этой суровой среде.

Данное исследование подчеркивает важность взаимодействия микроорганизмов и их хозяев для оптимизации пищеварения и выживаемости в условиях экстремального сибирского климата. Дальнейшие исследования в этом направлении могут значительно способствовать не только сохранению биоразнообразия, но и разработке новых подходов в ветеринарии и экологии.

ENDOBIOTIC INFUSORIA OF THE SNOW SHEEP FOUND IN YAKUTIA

Sleptsov E.S.[1*] – Doctor of Veterinary Sciences, Chief Scientific Officer. sotr. laboratories of reindeer husbandry and traditional industries (ORCID 0000-0002-7478-9011); **Alferov I.V.** [1] – Candidate of Agricultural Sciences, Jr. sotr. laboratories of breeding and breeding of horses (ORCID 0000-0002-9795-5238); **Plemyashov K.V.** [2] – Doctor of Veterinary Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences; **Vinokhodov V.O.** [2] – Candidate of Sciences. Veterinary Sciences, Associate Professor of Microbiology, Virology and Immunology; **Grigoriev I.I.**[1] – cand. Veterinarian. sciences, science. sotr. laboratories of reindeer husbandry and traditional industries; **Grigorieva N.N.**[3] – cand. Biol. sciences, assoc. kaf. physiology and farm animals and ecology.

[1] Yakut Scientific Research Institute of Agriculture

[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

[3] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Arctic State Agrotechnological University»

*evgeniycemenovic@mail.ru

ABSTRACT

A study of the contents of the gastrointestinal tract of the wild snow sheep in different regions of Yakutia revealed a significant diversity of endobiont infusoria, which play an important role in the digestion of this animal. Twelve species of infusoria belonging to the genera Entodinium, Eudiplodinium, Polyplastron, Metadinium, and Ophryoscolex were identified, including three new species distinguished by their morphology and description. The symbiotic fauna varied depending on the geographical location of the snow sheep populations; for example, 11 species were found in the Eveno-Bytantay ulus and 7 in the Oymyakon ulus, with seven species being common to both populations.

An interesting observation is that the efficiency of snow sheep digestion directly depends on the fermentative activity of specific infusoria species, similar to other large herbivorous animals in Yakutia. Infusoria demonstrate the ability to survive for extended periods in winter conditions, which is crucial for digesting coarse plant food available in this harsh environment.

This study emphasizes the importance of the interaction between microorganisms and their hosts for optimizing digestion and survival in the extreme Siberian climate. Further research in this direction could significantly contribute not only to the preservation of biodiversity but also to the development of new approaches in veterinary medicine and ecology.

The discovery of three new species of infusoria aims to enrich the database of microorganisms and may represent an important step toward understanding biological adaptations to the harsh conditions of Yakutia. Understanding this interaction may have long-term implications for the management of wild animal populations, especially in the

context of climate change and biodiversity conservation.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Данилкин А. А. Полорогие (Bovidae). — Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2005. — (Млекопитающие России и сопредельных регионов). – 550 экз. – ISBN 5-87317-231-5.

2.Догель, В. А. Простейшие – Protozoa. Малоресничные инфузории – Infusoria Oligotricha. Сем. Ophryoscolecidae. Определитель по фауне СССР. [Текст] / В. А. Догель. – Л.: АН СССР, 1929. – 96 с.

3.Корнилова О.А. Эндобионтные инфузории млекопитающих // Функциональная морфология, экология и жизненные циклы животных. Сборник научных трудов кафедры зоологии РГПУ им. А.И. Герцена. Выпуск 6 // СПб: ТЕССА, 2006. С. 21-78.

4.Корнилова О.А. Определитель инфузорий, обитающих в пищеварительном тракте млекопитающих. Сборник научных трудов кафедры зоологии РГПУ им. А.И. Герцена. Выпуск 10 // СПб: ТЕССА, 2010. С. 59-94.

5.Dehority B.A. Laboratory Manual for Classification and Morphology of Rumen Ciliate Protozoa, CRC Press, Boca Raton, FL.27. 1993. 128 pp.

6.Корнилова О.А. Метод комплексного обследования фауны эндобионтных инфузорий // Функциональная морфология, экология и жизненные циклы животных. Сборник научных трудов кафедры зоологии РГПУ им. А.И. Герцена. Выпуск 4 // СПб: ТЕССА, 2004. С. 75-77.

REFERENCES

1.Danilkin A. A. Polorogie (Bovidae). — Moskva: Tovarishhestvo nauchny`x izdanij KMK, 2005. – (Mlekopitayushhie Rossii i sopredel`ny`x regionov). – 550 e`kz. – ISBN 5-87317-231-5.

2. Dogel`, V. A. Prostejshie – Protozoa. Maloresnichny`e infuzorii – Infusoria Oligotricha. Sem. Ophryoscolecidae. Opredelitel` po faune SSSR. [Tekst] / V. A. Dogel`. – L.: AN SSSR, 1929. – 96 s.

3. Kornilova O.A. E`ndobiontny`e infuzorii mlekopitayushhix // Funkcional`naya morfologiya, e`kologiya i zhiznenny`e cikly` zhivotny`x. Sbornik nauchny`x trudov kafedry` zoologii RGPU im. A.I. Gercena. Vy`pusk 6 // SPb: TESSA, 2006. S. 21-78.

4. Kornilova O.A. Opredelitel` infuzorij, obitayushhix v pishhevaritel`nom trakte mlekopitayushhix. Sbornik nauchny`x trudov kafedry` zoologii RGPU im. A.I. Gercena. Vy`pusk 10 // SPb: TESSA, 2010. S. 59-94.

5. Dehority B.A. Laboratory Manual for Classification and Morphology of Rumen Ciliate Protozoa, CRC Press, Boca Raton, FL.27. 1993. 128 rp.

6. Kornilova O.A. Metod kompleksnogo obsledovaniya fauny` e`ndobiontny`x infuzorij // Funkcional`naya morfologiya, e`kologiya i zhiznenny`e cikly` zhivotny`x. Sbornik nauchny`x trudov kafedry` zoologii RGPU im. A.I. Gercena. Vy`pusk 4 // SPb: TESSA, 2004. S. 75-77.

АКУШЕРСТВО, ГИНЕКОЛОГИЯ

УДК: 636.43/636.082.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.345

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА ХРЯКОВ НА ИХ ПЛЕМЕННЫЕ КАЧЕСТВА

Самсонова О.Е. * – канд. с.-х. наук, зав. каф. зоотехнии и ветеринарии (ORCID 0000-0002-1139-5736).

ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

*kruti-olga@yandex.ru

Ключевые слова: *хряки, эякулят, качество, осеменение, фертильность.*
Key words: *boars, ejaculate, quality, insemination, fertility.*

Поступила: 03.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Воспроизводительные показатели свиноматок частично зависят от плодовитости хряка. На фертильность хряка влияют многие факторы: внешние (окружающая среда) и внутренние (генетика). Ускорению роста молодняка свиней происходит, как правило, за счет генетических улучшений. В статье приводятся результаты исследований полового развития и оплодотворяющей способности хряков трех импортных пород (ландрас, йоркшир и дюрок). Хряки достигают половой зрелости в возрасте 7-8 месяцев, хотя свой полный репродуктивный потенциал они приобретают в более старшем возрасте. Одной из наиболее важных причин различной способности к осеменению спермой племенных хряков являются генетические различия, прежде всего породные. Поэтому проведение исследований по изучению динамики параметров эякулята, связанных с половым развитием, у молодняка хряков импортных пород являются актуальными. В данной статье оценивали скорость достижения хряками полной племенной зрелости и их оплодотворяющей способности по анализу показателей эякулятов с возрастом. После отбора проб учитывали объем эякулята, концентрацию сперматозоидов и процент прогрессивно-подвижных сперматозоидов. Физические параметры эякулята изменяются вместе с возрастом хряка. Динамика возрастных изменений физических показателей эякулятов у хряков породы дюрок значительно ниже по сравнению с породами хряков ландрас и йоркширская. Хряки породы дюрок имеют более лучшее половое развитие и отличаются от хряков породы ландрас и йоркширская, для которых характерно более раннее прекращение роста. Хряки породы дюрок достигали наибольшей эякуляции на 6 месяцев раньше, чем хряки породы ландрас и йоркширская, в возрасте 23-24 месяцев. Наиболее благоприятное течение полового развития наблюдалось у хряков породы ландрас. Как объем эякулята, так и количество, и подвижность сперматозоидов у этой породы динамично увеличивались с возрастом. Независимо от возраста животного можно было приготовить большее количество спермодоз из эякулятов хряков данной породы в отличие от аналогов других пород.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Воспроизводительные показатели свиноматок частично зависят от плодовитости хряка. На фертильность хряка влияют многие факторы: внешние (окружающая среда) и внутренние (генетика) [1]. Ускорению роста молодняка свиней происходит за счет генетических улучшений, направленных на повышение показателей откорма и убоя. В результате строгого отбора и селекции, туши свиней имеют более высокое содержание мяса и меньшее содержание жира, что отрицательно сказывается на репродуктивной способности. Отбор животных, направленный на повышение содержания мяса в туше, может оказать влияние на задержку полового созревания свиней, замедлить развитие семенников и, как следствие, ухудшить качество спермы и снизить концентрацию половых гормонов в сыворотке крови.

Возраст является тормозящим фактором репродуктивной функции хряков. Его можно рассматривать как фактор развития половой функции в процессе онтогенеза до достижения половой зрелости. В противном случае это можно рассматривать как дифференцирующий фактор племенного использования половозрелых хряков.

Молодые хряки достигают половой зрелости в возрасте около 5-6 месяцев, но некоторые уже и в 4 месяца. Обычно, в племенной работе хряков начинают использовать для осеменения самок в возрасте 7-8 месяцев. Такие животные уже достигают половой зрелости, хотя свой полный репродуктивный потенциал они достигают в более старшем возрасте [2]. В связи с этим эякуляты, отобранные в первые месяцы осеменения хряков, могут сильно варьировать по своим количественным и качественным характеристикам. С половым развитием обычно происходит улучшение качества эякулята хряка. Уровень половых гормонов, таких как тестостерон, изменяется в течение жизни животного. Тестостерон играет ключевую роль в регуляции сперматогенеза. Сперматогенез происходит на протяжении всей жизни до возрастной потери фертильности. В это время, по мере взросления самца, происходят изменения в функционировании половых желез. Эстрогены также являются важным фактором созревания клеток Сертоли, которые влияют на сперматогенез и массу яичек [2, 3].

Одной из наиболее важных причин различной способности к осеменению спермой племенных хряков являются генетические различия, прежде всего породные. Породы свиней различаются по времени полового созревания. Следовательно, возрастные изменения параметров эякулята могут иметь разные профили у разных пород [4, 5]. Это обосновывает цель проведения исследований по выявлению изменений параметров эякулята, связанных с половым развитием, у молодняка хряков импортных пород.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Оценку полового развития и оплодотворяющую способность хряков трех импортных пород, используемых на станции искусственного осеменения свиноматок, проводили на в условиях ООО «РАСК» Тамбовской области. Анализируемые импортные породы ландрас, дюрок и йоркширская были завезены из Дании в 2014 году. Скорость достижения хряками половой зрелости и оплодотворяющую способность оценивали по анализу возрастных изменений показателей их эякулятов. Для анализа были отобраны молодые хряки в возрасте примерно 7-8 месяцев – еще до использования в племенном разведении. Для оценки физических показателей использовали эякуляты, отобранные от 34 хряков (ландрас n=9, дюрок n=14, йоркширская n=11). Все отобранные для анализов хряки были в хорошей форме, без видимых дефектов развития и с правильным половым влечением. Пробы эякулятов отбирались мануально один раз в неделю в утреннее время. Оценку отобранных эякулятов у исследуемых производителей проводили начиная с первого дня племенного использования. От каждого хряка было собрано на анализ не менее 30 эякулятов. Всего было оценено 907 эякулятов.

Сразу после забора спермы проводили анализ по следующим физическим параметрам: объем эякулята, концентрация репродуктивных клеток и процент подвижных сперматозоидов в эякуляте. Объемы эякулята измеряли после выделения желеобразной фракции. Для определения концентрации сперматозоидов в эякуляте применяли фотометрический метод с использованием спектрофотометра. Оценку подвижности сперматозоидов проводили с помощью светового микроскопа с рабочим увеличением объектива 40х и окуляра10х. По результатам были произведены расчеты: общее количество подвижных сперматозоидов и количество спермодоз, которые можно получить из одного эякулята [6, 7].

Полученные данные были сгруппированы по возрасту хряков. Первая подгруппа содержала данные по эякулятам хряков в возрасте до 9 месяцев. Вторая подгруппа включала данные по эякулятам хряков возраста 9-10 месяцев, а каждая последующая подгруппа включала данные оценки эякулятов хряков по возрасту старше на 2 месяца. Полученный материал статистически анализировали с использованием программы Statistica. Достоверность различий между группами оценивали с помощью коэффициента Стьюдента (P>0,95).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В таблице 1 приведены данные, позволяющие оценить влияние возрастных изменений на объем эякулятов хряков импортных пород.

Таблица 1 – Объем эякулята в зависимости от возраста и породы хряка, мл (X±Sd)

Возраст хряка (месяц)	Порода хряка		
	Ландрас	Дюрок	Йоркширская
менее 9	154,63±29,21	143,25±40,17	163,13±60,06
9-10	200,45±38,22	149,62±50,98	186,72±56,11
11-12	212,46±41,06	148,65±57,79	205,11±58,99
13-14	229,13±50,91	150,30±55,64	223,12±72,23
15-16	250,96±80,75	161,36±57,48	225,12±72,88
17-18	260,52±83,84	170,69±52,11	240,98±76,75
19-20	264,14±84,83	178,58±53,75	249,81±69,10
21-22	273,51±94,94	183,98±51,24	255,47±76,04
23-24	287,98±98,59	181,43±52,09	268,75±76,13
25-26	292,01±100,54	176,82±54,06	270,10±84,55
27-28	311,10±106,29	180,96±58,45	296,32±90,17
29-30	301,14±102,89	182,68±65,41	276,75±73,94
21-32	307,45±116,58	180,87±58,75	277,02±72,65
33-34	278,61±96,30	186,47±50,37	294,75±83,62
35-36	253,83±84,99	185,90±50,42	294,16±73,87
37-38	274,32±56,96	177,90±51,15	290,03±68,21
39-40	270,50±72,64	161,50±52,12	261,90±66,32
41-42	250,48±57,46	176,68±62,71	239,44±57,25
43-44	239,44±48,35	168,67±57,27	275,36±71,19
45-46	238,29±39,17	182,58±49,33	312,36±72,60
47-48	-	176,99±41,53	300,15±38,06
49-50	-	181,24±40,46	288,02±37,41
51-52	-	168,08±34,82	-
53-54	-	147,95±28,89	-
55-56	-	145,71±26,80	-
57-58	-	170,95±70,77	-
Среднее	257,55±74,23	171,71±53,47	258,84±68,55

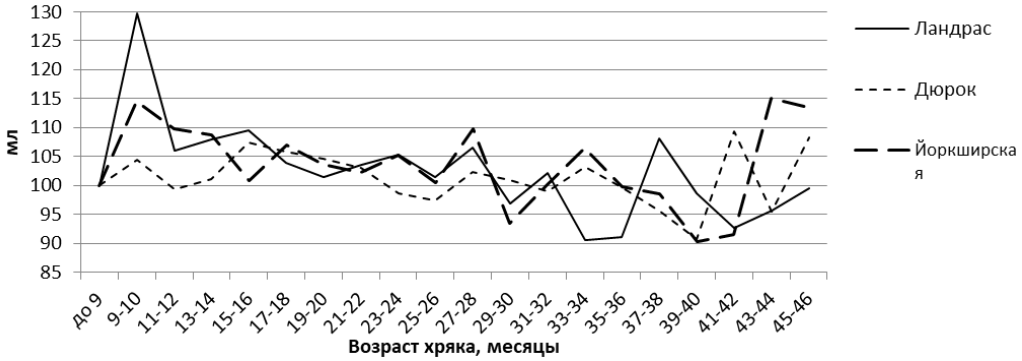


Рисунок 1 – Динамика изменения объема эякулята импортных пород хряков в зависимости от возраста (возраст до 9 месяцев принят за 100%).

Средний объем эякулятов самых молодых хряков до года в целом не превышал 210 мл. В этом возрасте наибольшие объемы эякулятов были получены от молодых хряков породы ландрас. У хряков данной породы объем эякулятов, собранных в возрасте до одного года, оказался значительно выше по сравнению с другими породами - более 210 мл и продолжал увеличиваться по мере взросления (P>0,99). Это может быть связано с генетическими особенностями и адаптациями этой породы к условиям разведения и содержания. Увеличение объема эякулята у хряков породы ландрас и йоркширская в возрасте 27-28 месяцев достигал до 280-300 мл. Этот процесс может быть связан с физиологическим развитием половой системы хряков в данном возрастном периоде, что приводит к увеличению объема семенной фракции в эякуляте.

Увеличение объема эякулята у этих пород за это время было очень значительным и составляло 90-100 мл, то есть за 1,5 года использования самцов производителей объем эякулята увеличился на 44-47 % в возрасте 27-38 месяцев. Особенно высокая динамика увеличения объема эякулята наблюдалась в начале эксплуатации, в возрасте 8-16 месяцев. За это время объем эякулята хряков породы ландрас увеличился более чем на 96 мл, т.е. в среднем примерно на 12,0 мл в месяц. Наблюдался прирост объема эякулята у самцов породы йоркширская на 7,8 мл ежемесячно, что указывает на относительно стабильный и последовательный процесс увеличения объема эякулята у хряков данной породы по мере их взросления. В возрасте 17-28 месяцев темпы увеличения объема эякулята у животных породы йоркширская были уже значительно медленнее. Объем эякулята увеличился на 3,9 мл в месяц у самцов породы ландрас и на 4,3 мл мл в месяц у аналогов породы йоркширская.

Изменения объема эякулята у хряков-производителей породы дюрок имели несколько иной характер по сравнению с хряками породы ландрас и йоркширская. Объем эякулята у хряков породы дюрок также увеличивался с возрастом, но динамика изменения была меньше. Динамика изменения объема эякулята у импортных пород хряков представлены на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что увеличение объема эякулята у породы ландрас и йоркширская был на 30 и 15% больше по сравнению породой дюрок. За периодом интенсивного увеличения объема эякулята следует период стабилизации на уровне близкому к максимальному для данной породы. В случае анализируемых хряков это происходило в возраст 27-38 месяцев. По мере взросления хряков концентрация сперматозоидов в эякуляте постепенно снижалась (табл. 2, рис.2).

Таблица 2 – Общее количество сперматозоидов в эякуляте в зависимости от возраста и породы хряка (млрд/мл), (X±Sd)

Возраст хряка (месяц)	Порода хряка		
	Ландрас	Дюрок	Йоркширская
менее 9	66,59±25,34	53,17±21,13	60,97±30,90
9-10	84,67±29,97	55,75±17,51	68,85±25,75
11-12	86,70±30,69	57,78±14,82	76,58±30,10
13-14	90,34±25,66	63,94±16,22	84,46±35,03
15-16	93,55±34,05	69,77±21,45	82,78±31,88
17-18	92,90±33,94	71,65±25,67	83,96±34,21
19-20	98,19±35,73	69,86±21,72	84,70±32,76
21-22	100,65±36,58	73,95±23,06	88,34±32,85
23-24	104,12±29,08	78,59±29,37	87,76±33,18
25-26	103,70±28,97	75,96±26,60	90,63±31,99
27-28	103,48±29,36	76,89±31,13	92,44±33,15
29-30	104,05±36,45	75,66±33,38	88,11±28,87
21-32	102,77±31,29	72,71±27,89	84,67±31,85
33-34	95,67±33,15	71,61±28,02	82,31±31,22
35-36	86,79±25,97	73,33±29,25	79,82±28,92
37-38	88,96±23,66	77,40±26,53	77,87±31,16
39-40	86,50±26,17	69,14±24,03	79,66±32,15
41-42	80,70±24,42	78,20±31,06	77,90±32,16
43-44	72,30±20,91	70,32±34,25	71,85±25,76
45-46	69,12±19,79	76,17±28,59	78,82±22,85
47-48	-	73,50±31,17	82,15±35,23
49-50	-	76,45±28,36	77,54±34,86
51-52	-	67,21±28,59	-
53-54	-	55,63±22,76	-
55-56	-	49,25±12,95	-
57-58	-	48,51±15,24	-
Среднее	90,59±29,06	68,55±25,03	81,01±31,22

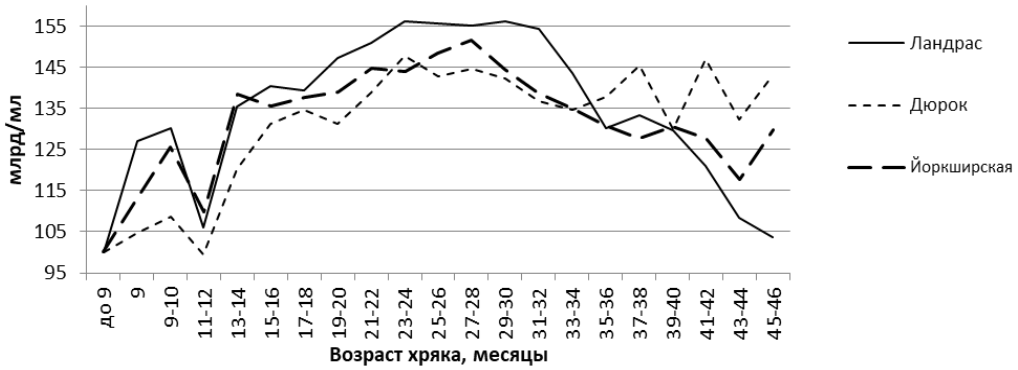


Рисунок 2 – Динамика изменения общего количества сперматозоидов в эякулятах хряков импортных пород в зависимости от возраста (возраст до 9 месяцев принят за 100%).

Уменьшение концентрации сперматозоидов было более выраженным в эякулятах хряков породы ландрас и йоркширская. В среднем концентрация сперматозоидов в эякулятах хряков породы ландрас была выше по сравнению с эякулятами хряков породы дюрок и йоркширская на 22,04 и 9,58 млрд/мл соответственно. Несмотря на достаточно закономерную тенденцию к снижению, до 36-месячного возраста концентрация сперматозоидов в эякулятах самцов породы ландрас была выше на 13,46 и 6,97 млрд/мл, чем у аналогов породы дюрок и йоркширская. Концентрация сперматозоидов в эякуляте хряков породы дюрок с возрастом не снижалась и оставалась на относительно устойчивом уровне около 63,9-78,5 млрд/мл. Небольшое снижение концентрации сперматозоидов в эякулятах этих производителей наблюдалось в возрасте более 50 месяцев.

Наблюдалось увеличение концентрации сперматозоидов в эякулятах хряков породы йоркширская до 30-месячного возраста и отсутствие снижения данного показателя старше 30 месяцев. Такие данные могут указывать на длительный период сохранения репродуктивного потенциала у хряков данной породы. Совершенно иная тенденция изменения концентрации сперматозоидов наблюдалась у самцов породы дюрок. Концентрация сперматозоидов в эякуляте животных породы дюрок не снижалась с возрастом производителей и оставалась на относительно стабильном уровне около. Небольшое снижение концентрации сперматозоидов в эякулятах этих производителей наблюдалось более чем через 54 месяца. Концентрация сперматозоидов в эякуляте хряков породы ландрас была выше, чем у других пород, независимо от возраста производителей.

Процент сперматозоидов с прямолинейно-поступательной подвижностью в эякулятах несколько увеличивался с возрастом хряков (рис. 3).

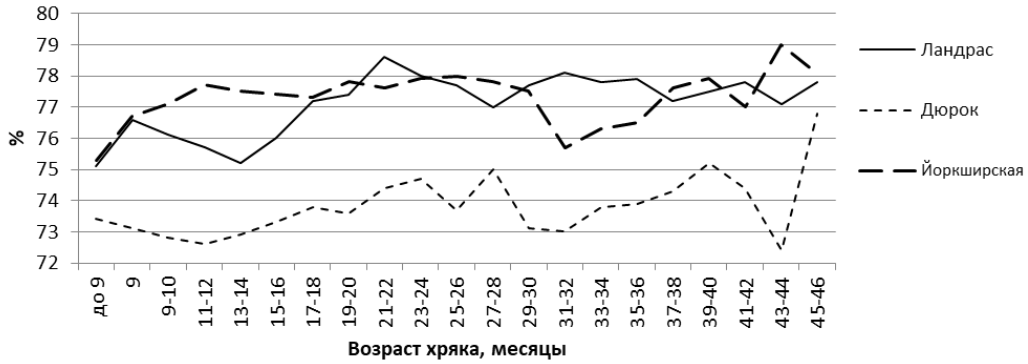


Рисунок 3 – Изменение общего количества прогрессивно подвижных сперматозоидов в эякулятах у хряков в зависимости от возраста.

Тем не менее масштаб изменения подвижности сперматозоидов в эякулятах был незначительным и в целом не превышал нескольких процентов. Наиболее закономерный рост подвижности сперматозоидов наблюдался в эякулятах самцов породы йоркширская. Процент прогрессивно подвижных сперматозоидов в эякулятах производителей этой породы неуклонно возрастал с 75% в возрасте до 9 месяцев до 79% в возрасте 43-44 месяцев. Рост подвижности сперматозоидов у самцов породы йоркширская был более динамичным по сравнению с другими породами. Это может указывать на более выраженные физиологические особенности данной породы к процессам репродукции. У хряков породы ландрас и дюрок также было отмечено возрастное повышение подвижности сперматозоидов, хотя оно было менее динамичным по сравнению с йоркширской породой. Та-

кие различия в динамике роста подвижности могут быть связаны с генетическими особенностями, уровнем активности половой системы и другими факторами, влияющими на репродуктивную функцию у разных пород. Стоит отметить, что показатель уровень подвижности сперматозоидов у ~~в эякулятах~~ хряков породы ландрас был выше, чем у остальных животных, независимо от возраста. В возрасте старше 20 месяцев средний процент сперматозоидов с прогрессивной подвижностью в семени этой породы превышал 77%. Общее количество прогрессивно подвижных сперматозоидов увеличивалось по мере взросления хряков. Содержание сперматозоидов в семени систематически увеличивалось с начала племенного использования до возраста примерно 27-28 месяцев, когда общее количество сперматозоидов достигли уровня, близкого к максимальному.

Хряки породы дюрок достигли максимального уровня продуктивности спермы несколько раньше остальных хряков – примерно в возрасте 23-24 месяцев. Масштаб изменения количества сперматозоидов в эякулятах хряков данной породы в возрасте старше 25-26 мес был уже незначительным и оставался на относительно стабильном уровне до возраста 39-40 мес. Снижение количества сперматозоидов в эякулятах хряков породы ландрас наблюдалось только в возраст более 34 месяцев. Наибольшая динамика прироста количества сперматозоидов в эякуляте наблюдалась в первые месяцы получения спермы. Однако в динамике наблюдались определенные межпородные различия. В возрасте 8-10 месяцев наибольший темп прироста количества сперматозоидов наблюдался у хряков породы ландрас и йоркширская. Среднее количество сперматозоидов в эякулятах данных пород выросло более чем на 18 миллиардов, то есть более чем на 9 миллиардов в месяц. Относительно интенсивное увеличение количества сперматозоидов примерно до 15-16 -месячного возраста наблюдалось в эякулятах хряков пород дюрок. Однако по сравнению с аналогами прирост количества сперматозоидов в эякуляте этих производителей в данный период был значительно меньшим на 2,0 млрд в месяц.

Судя по динамике изменения количества спермодоз, полученных из одного эякулята у хряков различных пород, с возрастом наблюдается увеличение количества доз для осеменения и сперматозоидов со скоростью аналогичной росту объема эякулятов. Наибольшее количество спермодоз было получено из эякулятов, собранных в возрасте 25-30 месяцев. Особенно динамичное увеличение количества доз, полученных из одного эякулята, выявлено у хряков породы ландрас. До возраста 27-28 мес количество спермодоз, полученных из эякулятов этой породы, было более 32 и примерно 17 доз в возрасте до 9 мес. Из эякулятов хряков породы ландрас, собранные в возрасте старше 2 лет, получили более 30 доз спермы, т.е. больше на 10 порций, чем эякуляты двухлетних хряков породы дюрок и йоркширская.

В возрасте старше 30 месяцев количество доз для осеменения, отобранных из эякулята хряков породы ландрас, постепенно уменьшалось. Однако даже от самых старых животных этой породы получали 22 спермодозы. Наименьшее количество доз спермы было получено из эякулятов хряков породы дюрок. Количество спермодоз, полученных из эякулятов этой породы, росло до возраста 23-24 месяцев, хотя и гораздо медленнее, чем у других пород. Количество доз, приготовленных из эякулятов хряков породы дюрок, собранных в возрасте более 2 лет, существенно не изменился и составил от 19 до 21 дозы.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Половое развитие хряков продолжается после достижения ими возраста 8-9 месяцев. Исследования показывают, что объем эякулята и количество сперматозоидов у большинства хряков продолжают увеличиваться примерно до возраста 27-28 месяцев. Это указывает на то, что максимальный репродуктивный потенциал хряков достигается в более старшем возрасте, чем начальный период их исполь-

зования для осеменения. Половое развитие хряков-осеменителей протекает до возраста более 2 лет. В большинстве исследований не было представлено однозначных результатов, свидетельствующих об улучшении репродуктивных характеристик хряков в возрасте более 1,5 лет.

В свою очередь, Фалькенберг и др. предполагает, что хряки достигают оптимальной эффективности эякуляции только после полного взросления, т.е. в возрасте около 2,5-3 лет [8].

Таким образом, половое развитие хряков продолжается во продуктивного использования, что приводит к улучшению качественных показателей спермы. Физические параметры эякулята изменяются с возрастом хряка. Однако динамика изменений варьируется в зависимости от породы и конкретных параметров эякулята. Хряки породы дюрок демонстрируют образец полового развития, отличный от аналогов. Они достигают максимальной эффективности эякуляции примерно на 6 месяцев раньше. Динамика возрастных изменений физических показателей эякулята у хряков данной породы значительно ниже по сравнению с породами хряков ландрас и йоркширская. Наиболее благоприятное течение полового развития наблюдается у хряков породы ландрас. Как объем эякулята, так и количество, и подвижность сперматозоидов у этой породы динамично увеличивается с возрастом. Независимо от возраста животного, на перспективу, можно получить большее количество спермодоз из эякулятов хряков данной породы в отличие от аналогов других пород.

THE INFLUENCE OF THE AGE OF BOARS ON THEIR BREEDING QUALITIES

Samsonova O.E.* – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Animal Science and Veterinary Medicine (ORCID 0000-0002-1139-5736)

Michurinsk State Agrarian University

*kruti-olga@yandex.ru

ABSTRACT

The reproductive performance of sows depends partly on the fertility of the boar. Many factors influence the fertility of the boar: external (environment) and internal (genetics). Acceleration of growth of young pigs occurs, as a rule, due to genetic improvements. The article presents the results of studies of sexual development and fertilizing ability of boars of three imported breeds (Landrace, Yorkshire and Duroc). Boars reach sexual maturity at 7-8 months of age, although they reach their full reproductive potential at an older age. One of the most important reasons for the different ability of breeding boars to inseminate with sperm is genetic differences, primarily breed differences. Therefore, conducting research to study the dynamics of ejaculate parameters associated with sexual development in young boars of imported breeds is relevant. In this article, we assessed the rate at which boars reach full breeding maturity and their fertilizing ability by analyzing the parameters of ejaculates with age. After sampling, the ejaculate volume, sperm concentration and percentage of progressively motile sperm were taken into account. The physical parameters of the ejaculate change with the age of the boar. The dynamics of age-related changes in the physical parameters of ejaculates in Duroc boars is significantly lower compared to the Landrace and Yorkshire boar breeds. Duroc boars have better sexual development and differ from Landrace and Yorkshire boars, which are characterized by an earlier cessation of growth. Duroc boars reached their peak ejaculation 6 months earlier than Landrace and Yorkshire boars, at 23 -24 months of age. The most favorable course of sexual development was observed in Landrace boars. Both the volume of ejaculate and the number and motility of sperm in this breed dynamically increased with age. Regardless of the age of the animal, it was possible to prepare a larger number of spemodoses from the ejaculates of boars of a given breed, in contrast to analogues of other breeds.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Джамалдинов А.Ч., Нарижный А.Г., Крейндлина Н.И., Курипко А.Н. Способы повышения криоустойчивости спермы хряков-производителей // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 8. С. 69-70.
2. Banaszewska D, Kondracki S. An assessment of the breeding maturity of insemination boars based on ejaculate quality changes. Folia Biol (Krakow). 2012;60(3-4):151-62. doi: 10.3409/fb60_34.151162. PMID: 23342910.
3. Ellison P. T., Bribiescas R. G., Bentley G. R., Campbell B. C., Lipson S. F., Panter-Brick C., Hill K. 2002. Population variation in age-related decline in male salivary testosterone. Hum. Reprod. 17: 3251–3253.
4. Самсонова О.Е., Мордовина В.В. Биологические показатели спермы хряков импортной селекции // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 1(27). С. 38-40.
5. Самсонова О.Е., Бабушкин В.А. Адаптационные свойства свиней современных генотипов к условиям промышленного производства // Инновационные технологии в зоотехнии и ветеринарии: сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 13–14 июня 2022 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2022. С. 59-62.
6. Kondracki, Stanisław et al. Correlation of frequency of spermatozoa morphological alterations with sperm concentration in ejaculates of Polish landrace boars. Acta Veterinaria-beograd 63 (2013): 513-524.
7. Кононов В.П. Достижения и перспективы замораживания семени в свиноводстве. М. 1983. 75 с.
8. Falkenberg H., Pfeiffer H., Ritter E. 1992. Einfluss von Alter und Umweltfaktoren auf die spermatologische Leistungsfähigkeit von Besamungsebern. Arch. Tierz. 35:581-590.

REFERENCES

1. Dzhamaldinov A.Ch., Narizhny`j A.G., Krejndlina N.I., Kuripko A.N. Sposoby` povy`sheniya krioustojchivosti spermy` xryakov-proizvoditelej // Dostizheniya nauki i texniki APK. 2012. № 8. S. 69-70.
2. Banaszewska D, Kondracki S. An assessment of the breeding maturity of insemination boars based on ejaculate quality changes. Folia Biol (Krakow). 2012;60(3-4):151-62. doi: 10.3409/fb60_34.151162. PMID: 23342910.
3. Ellison P. T., Bribiescas R. G., Bentley G. R., Campbell B. C., Lipson S. F., Panter-Brick C., Hill K. 2002. Population variation in age-related decline in male salivary testosterone. Hum. Reprod. 17: 3251–3253.
4. Samsonova O.E., Mordovina V.V. Biologicheskie pokazateli spermy` xryakov importnoj selekcii // Aktual`ny`e voprosy` sel`skoxozyajstvennoj biologii. 2023. № 1 (27). S. 38-40.
5. Samsonova O.E., Babushkin V.A. Adaptacionny`e svojstva svinej sovremenny`x genotipov k usloviyam promy`shlennogo proizvodstva // Innovacionny`e texnologii v zootexnii i veterinarii: sbornik statej IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Penza, 13–14 iyunya 2022 goda. Penza: Penzenskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet. 2022. S. 59-62.
6. Kondracki, Stanisław et al. Correlation of frequency of spermatozoa morphological alterations with sperm concentration in ejaculates of Polish landrace boars. Acta Veterinaria-beograd 63 (2013): 513-524.
7. Кононов В.П. Достижения и перспективы замораживания семени в свиноводстве. М. 1983. 75 s.
8. Falkenberg H., Pfeiffer H., Ritter E. 1992. Einfluss von Alter und Umweltfaktoren auf die spermatologische Leistungsfähigkeit von Besamungsebern. Arch. Tierz. 35:581-590.

УДК: 619:615.36:575.224.46
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.354

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИГЕНОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ГИДРОФИЛЬНЫХ КРИОФРАКЦИЙ НЕКОТОРЫХ ТКАНЕЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Востроилова Г.А. – д-р биол. наук, глав. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-2960-038X); **Шабанов Д.И.** * – науч. сотр. (ORCID 0000-0002-1574-1317); **Корчагина А.А.** – канд. ветеринар. наук, стар. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-8561-417X); **Хохлова Н.А.** – канд. ветеринар. наук, стар. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-6861-2554); **Сыромятников М.Ю.** – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-9028-0613); **Стрельников Н.А.** – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-0781-7713); **Некрасов А. В.** – стар. лаб. (ORCID 0000-0002-5957-1583).

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии»

* am7d@mail.ru

Ключевые слова: *гидрофильная криофракция плаценты, гидрофильная криофракция селезенки, митомицин С, микроядерный тест, митохондриальная ДНК, qPCR, белые лабораторные мыши.*

Key words: *hydrophilic cryofraction of the placenta, hydrophilic cryofraction of the spleen, mitomycin C, micronucleus test, mitochondrial DNA, qPCR, white laboratory mice.*

Финансирование: *Материалы подготовлены в рамках конкурса Российского научного фонда 2023 года ««Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами»» (соглашение № 24-26-00034 от 29.12.2023 г). https://rscf.ru/project/24-26-00034/.*

Поступила: 27.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В условиях экологического неблагополучия и высокой антропогенной нагрузки в сельскохозяйственной деятельности возникает задача поддержания целостности генома животных. Одним из способов решения этой задачи является применение препаратов, обладающих антимутагенным действием. Фармацевтические субстанции, полученные из тканей животных, являются перспективными компонентами таких препаратов благодаря их антиоксидантному, радиопротекторному действию. В связи с этим, целью настоящей работы явилось исследование генопротекторного действия гидрофильной криофракции плаценты (ГКПК) и её смеси с гидрофильной криофракцией селезенки крупного рогатого скота (ГКСПК) у мышей с цитогенетической нестабильностью, индуцированной генотоксикантом - митомицином С (ММС). Генопротекторное действие исследуемых субстанций оценивали по снижению частоты микроядер полихроматофильных эритроцитов (МЯПХЭ) в костном мозге мышей после введения ММС. Также определяли количество повреждений в митохондриальной ДНК (мтДНК) печени мышей с помощью количественной полимеразной цепной реакции. В результате проведенных исследований установлено, что ГКПК и

ГКСПК не проявляли токсического, мутагенного и ДНК-повреждающего действия. Курсовое введение ГКПК и ГКСПК вызывало снижение частоты МЯПХЭ в костном мозге мышей, с индуцированной цитогенетической нестабильностью на 38,8 и 42,3% ($p<0,05$), относительно животных, которым вводили только ММС. При курсовом введении ГКПК и ГКСПК мышам, получившим ММС, обнаружена тенденция к уменьшению количества повреждений мтДНК печени мышей. Так при курсовом введении ГКСПК наблюдалось снижение количества повреждений мтДНК на 48,0 % и 32,4 % в двух фрагментах мтДНК, соответственно, относительно мышей, которым вводили только ММС. Таким образом, при курсовом введении ГКСПК тенденция к ДНК-протекторному действию была более выражена, относительно ГКПК. Эти данные свидетельствуют о наличии у ГКПК и ГКСПК антимутагенного и ДНК-протекторного действия, которое в большей мере проявляется ГКСПК, вероятно, за счет антиоксидантного эффекта.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Высокая антропогенная нагрузка, некоторые заболевания и лекарственные средства способны вызывать нарушения целостности генома сельскохозяйственных животных [1]. Генотоксические поражения могут являться причиной наследственных и онкологических патологий, а также выступать фактором, играющим существенную роль в этиопатологии сердечно-сосудистых, нейродегенеративных заболеваний, репродуктивных потерь, бесплодия и старения [2]. Так хромосомные аномалии и геномные транслокации становятся причиной ранней эмбриональной смертности и низкой фертильности у крупного рогатого скота (КРС) [3]. Поэтому разработка фармацевтических субстанций, способных поддерживать целостность генома сельскохозяйственных животных является актуальной проблемой ветеринарии.

Отдельный интерес представляет влияние генотоксикантов на митохондриальный геном, поскольку его нарушения связывают с дефектами окислительного метаболизма, патологиями развития нервной и мышечной тканей [4]. Некоторые фармацевтические субстанции, полученные из тканей селезенки или плаценты человека и животных, а также препараты, полученные на их основе, продемонстрировали своё противовоспалительное, иммуномодулирующее, адаптогенное, противорадиационное и антиоксидантное действие, что делает их перспективным объектом исследования в отношении их потенциального генопротекторного действия [5, 6, 7]. Ранее нами был продемонстрирован антикластогенный эффект препарата аминоселетон, содержащего гидрофильную криофракцию селезенки КРС [8]. Научный интерес также представляет исследование антимутагенного действия гидрофильной криофракции плаценты КРС отдельно и в смеси с гидрофильной криофракцией селезенки КРС, а также их ДНК-защитного действия по отношению к митохондриальной ДНК (мтДНК).

В связи с этим целью настоящей работы явилось исследование генопротекторного действия гидрофильной криофракции плаценты и её смеси с гидрофильной криофракцией селезенки крупного рогатого скота.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В качестве биологической тест-системы использовали белых лабораторных мышей-самцов (n=48) массой тела 26,0±2,0 г разведения вивария ФГБНУ «ВНИВИПФиТ». Подопытные животные содержались в стандартных условиях вивария. Доступ к воде и корму был свободным.

Объектом исследования были две фармацевтические субстанции: гидрофильная криофракция плаценты крупного рогатого скота (ГКПК) и её смесь с гидрофильной криофракцией селезенки крупного рогатого скота в соотношении 1:1 (ГКСПК), полученные в лаборатории доклинических исследований и моделирования биологических систем ФГБНУ «ВНИВИПФиТ». В качестве препарата положительного контроля использовали Митомицин С Kyowa (ММС, Kyowa Hakko Kirin CO LTD, Япония) [9].

Были сформированы следующие группы экспериментальных животных по 6 мышей-самцов в каждой (Таблица 1).

Генопротекторное действие исследуемых субстанций оценивали по снижению частоты микроядер полихроматофильных эритроцитов (МЯПХЭ) в костном мозге мышей после введения экспериментального мутагена. Исследование частоты микроядер проводили после получения препаратов клеток костного мозга с окраской по Романовскому-Гимзе [10]. Изучение препаратов проводили при увеличении ×1000 с помощью микроскопа Микромед-3 (Микромед, Китай). Исследовали частоту микроядер на 1000 полихроматофильных эритроцитов (ПХЭ), всего изучали 2000 ПХЭ на животное. Также учитывали долю ПХЭ на 500 эритроцитов, включая ПХЭ и нормохромные эритроциты (НЭ) [11].

Количество повреждений митохондриальной ДНК (мтДНК) определяли относительно повреждений мтДНК мышей из группы негативного контроля (Группа I) с помощью количественной полимеразной цепной реакции (qPCR) [12]. Для этого при помощи набора ПРОБА-ГС (ДНК-технология, Россия) выделяли тотальную ДНК из 50 мг печени мышей исследуемых групп, согласно инструкции производителя. Количество повреждений мтДНК измеряли с помощью qPCR длинных фрагментов с использованием ПЦР смеси 5x qPCRmix-HS SYBR (“Евроген”, Россия) на амплификаторе DTlite 4 (“ДНК-технология”, Россиия) [13].

Таблица 1 – Экспериментальные группы мышей

Группа	n животных	Применяемые препараты	Дозы	Способ введения	Кратность введения
I (негативный контроль)	6	Изотонический раствор NaCl	0,1 мл	Внутримышечно	Однократно
II	6	ГКПК	0,5мл/кг	Внутримышечно	Однократно
III	6	ГКСПК	0,5мл/кг	Внутримышечно	Однократно
IV	6	ГКПК	0,5мл/кг	Внутримышечно	Однократно
		ММС	10,0 мг/кг	Интраперитонеально	Однократно
V	6	ГКСПК	0,5мл/кг	Внутримышечно	Однократно
		ММС	10,0 мг/кг	Интраперитонеально	Однократно
VI	6	ГКПК	0,5мл/кг	Внутримышечно	Трехкратно
		ММС	10,0 мг/кг	Интраперитонеально	Однократно
VII	6	ГКСПК	0,5мл/кг	Внутримышечно	Трехкратно
		ММС	10,0 мг/кг	Интраперитонеально	Однократно
VIII (позитивный контроль)	6	ММС	10,0 мг/кг	Интраперитонеально	Однократно

Примечание. Многократное введение препаратов проводили с интервалом в 24 ч; ММС вводили совместно с последней инъекцией исследуемой субстанции.

Измерение количества копий мтДНК проводили с помощью qPCR, используя фрагмент мтДНК, кодирующий гены 16S и Nd1 (16S-Nd1) и ядерный ген gapdh в качестве референса. Нормализованный уровень мтДНК (NLmtDNA) относительно ядерной ДНК рассчитывали по формуле 1.

$$NLmtDNA = 2^{-\Delta\Delta Cq}$$

Исследовали 2 участка мтДНК: участок, кодирующий 12S и 16S рРНК (12S - 16S) и участок, кодирующий митохондриальный ген ND5 (ND5) длинной 1739 и 1942 п.н. соответственно, с использованием опубликованных ранее праймеров [13].

Количество повреждений в мтДНК определяли по формуле 2:

$$D\ mtDNA = \frac{\left(1-2^{-(\Delta long - \Delta short)}\right) \times \text{длина фрагмента (п.н.)}}{10000\ (\text{п.н.})}$$

где D mtDNA – количество повреждений мтДНК на 10 000 п.н.; Δlong – разница между Cq контрольных и опытных длинных фрагментов; Δshort – разница между Cq контрольных и опытных коротких фрагментов. Для определения D mtDNA использовали по четыре мыши из группы [14].

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакетов программы STATISTICA 10 (Statsoft, USA). Сравнение выборок проводилось с использованием U-теста Майна-Уитни. Полученные результаты представляли как среднее арифметическое (M) ± стандартная ошибка (SE).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Нами были получены частоты МЯПХЭ в костном мозге мышей, исследуемых групп (рис. 1. А). Применение ГКПК (группа II) и ГКСПК (группа III) не приводило к изменению частоты ПХЭ с микроядрами в костном мозге мышей, относительно группы негативного контроля (группа I). Частота МЯПХЭ в группах I-III составляла 0,4±0,12; 0,55±0,15 и 0,51±0,13 % соответственно. Эти данные свидетельствуют об отсутствии мутагенного действия по отношению к клеткам костного мозга мышей у исследуемых фармацевтических субстанций. Инъекция ММС в дозе 10 мг/кг отдельно (группа VIII) или совместно с однократным внутримышечным введением ГКПК (группа IV) и ГКСПК (группа V) приводила к значимому повышению частоты МЯПХЭ, так в группе IV она составляла 4,82±0,37 %, в группе V – 5,19±0,31 % и в группе VIII – 5,72±0,88 %. Таким образом, цитогенетическая нестабильность, индуцированная ММС, не снижалась при однократном совместном введении генотоксиканта и исследуемых субстанций, поскольку нами не выявлено статистически значимого снижения частоты МЯПХЭ в группах IV и V относительно группы VIII. В тоже время курсовое введение ГКПК (группа VI) и ГКСПК (группа VII) индуцировало снижение частоты МЯПХЭ на 38,8 и 42,3 % ($p<0,05$), соответственно, относительно группы позитивного контроля (группа VIII). Так в группе VI частота МЯПХЭ составила 3,5±0,56 %, а в группе VII – 3,3±0,54 %. Таким образом, курсовое введение ГКПК и ГКСПК оказывало генопротекторное действие на клетки костного мозга мышей. Представленные результаты согласуются как с полученными ранее нами данными, так и с данными о снижении частоты МЯПХЭ у мышей, которым вводили экстракт селезенки перед радиоактивным облучением [15, 16].

Также нами было изучено отношение ПХЭ к НЭ в костном мозге мышей, исследуемых групп (Рис. 1.Б) ГКПК (группа II) и ГКСПК (группа III) не индуцировали изменения доли ПХЭ в костном мозге мышей относительно животных группы I (48,8±2,26 %). Введение ММС (группа VIII) приводило к значимому снижению доли ПХЭ до 26,92±3,72 %, что было вызвано токсическим действием генотоксиканта на гематопоэтические клетки костного мозга мышей. Однократное или курсовое применение ГКПК и ГКСПК совместно с ММС не вызывало значимого увеличения доли ПХЭ в группах IV-VII, относительно группы VIII. Таким образом, в ходе эксперимента не выявлено

антитоксическое действие ГКПК и ГКСПК на клетки костного мозга мышей при ММС-индуцированной цитотоксичности.

Кроме того, было определено относительное количество копий мтДНК в печени мышей при введении ГКПК, ГКСПК и ММС (рис. 2.А). В группе негативного контроля оно составило 1,14±0,30 и статистически значимо не отличалось у остальных исследуемых групп. Представленные данные свидетельствуют об отсутствии влияния ГКПК и ГКСПК на митохондриальный биогенез в печени мышей как отдельно, так и в присутствии ММС, что согласуется с полученными ранее данными [17].

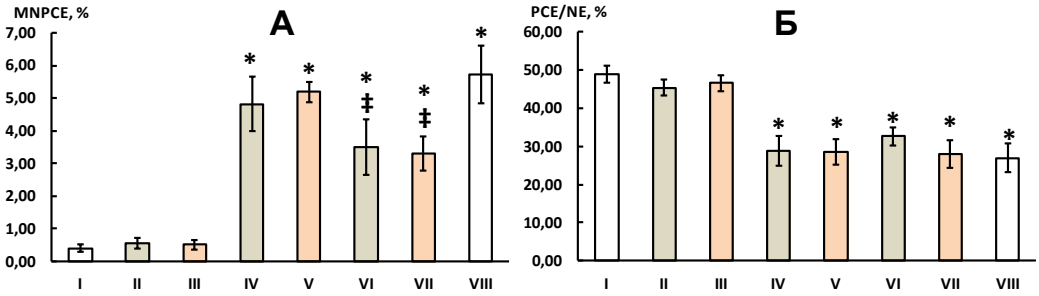


*Рисунок 1 – Частота полихроматофильных эритроцитов с микроядрами (А) и доля полихроматофильных эритроцитов (Б) в костном мозге мышей: MNPCE - частота полихроматофильных эритроцитов с микроядрами, %; PCE/NE – отношение содержания полихроматофильных эритроцитов к нормохромным, %; I – VIII – исследуемые группы; * – статистически значимое отличие от группы I; ‡ – статистически значимое отличие от группы VIII.*

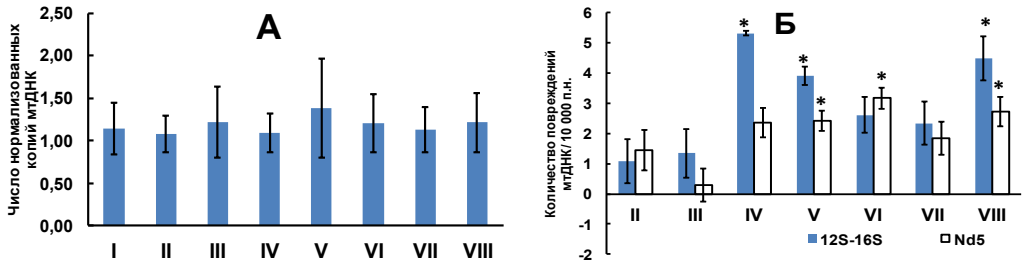


*Рисунок 2 – Нормализованное число копий мтДНК печени мышей (А) и относительное количество повреждений мтДНК печени мышей (Б): 12S-16S – участок мтДНК, содержащий гены 12S-16S; Nd5 – участок мтДНК, содержащий ген Nd5; I – VIII – номера экспериментальных групп; Число нормализованных копий мтДНК - относительное количество копий мтДНК, нормализованное по ядерному гену gapdh; Количество повреждений мтДНК/ 10 000 п.н. – количество повреждений в мтДНК относительно 10 000 пар нуклеотидов; * – статистически значимое отличие от группы I (p<0,05); M±SE% – среднее арифметическое ± стандартная ошибка.*

Мы определили относительное количество повреждений мтДНК в клетках печени мышей после однократной инъекции ГКПК (группа II) и ГКСПК (группа III) (рис. 2. Б). Введение ГКПК (группа II) не индуцировало статистически значимых изменений в количестве повреждений мтДНК, относительно группы I во фрагментах 12S-16S и ND5, число повреждений мтДНК составляло 1,07±0,85 и

1,45±0,77, соответственно. Применение ГКСПК также не вызвало значимого увеличения в количестве повреждений мтДНК. Так в группе III во фрагментах 12S-16S и ND5, число повреждений мтДНК составляло 1,34±0,81 и 0,29±0,55, соответственно. Эти данные могут выступать свидетельством отсутствия у ГКПК и ГКСПК ДНК-повреждающего, генотоксического действия. Инъекция генотоксиканта – ММС в дозе 10 мг/кг (группа VIII) приводила к статистически достоверному ($p<0,05$) увеличению количества повреждений мтДНК во фрагментах 12S-16S и ND5 до 4,50±0,84 и 2,72±0,49, соответственно. Совместная инъекция ММС с ГКПК (группа IV) и ГКСПК (группа V) приводила к значимому ($p<0,05$) увеличению количества повреждений мтДНК в печени относительно группы негативного контроля. Во фрагменте 12S-16S количество повреждений составляло 5,32±0,08 и 3,91±0,30 для групп IV и V, соответственно, а для фрагмента ND5 2,35±0,49 и 2,42±0,33 соответственно. При этом количество повреждений мтДНК во фрагменте ND5 у группы IV относительно группы I возрастало не значимо. Вместе с тем, нами не отмечено статистически достоверного снижения количества повреждений мтДНК как в группах IV и V (однократное введение исследуемых субстанций), так и в группах VI и VII (курсовое введение ГКПК и ГКСПК) относительно группы позитивного контроля (группа VIII). При этом в группе VI количество повреждений составило 2,61±0,59 и 3,17±0,34 во фрагментах 12S-16S и ND5, а в группе VII количество повреждений составило 2,34±0,72 и 1,84±0,56 во фрагментах 12S-16S и ND5, соответственно. Трехкратное введение ГКПК перед интраперитонеальной инъекцией ММС (группа VI) приводило к значимому повышению ($p<0,05$) количества повреждений мтДНК относительно группы I только во фрагменте ND5, в то время как количество повреждений мтДНК в группе VII статистически значимо не отличалось от группы негативного контроля в обоих исследуемых фрагментах.

Таким образом, хотя нами не получены однозначные данные по снижению повреждения мтДНК печени мышей, индуцированного митомицином С, при введении ГКПК и ГКСПК наблюдалась тенденция к снижению количества повреждений, которая выражалась в отсутствии значимых отличий от группы I. Наибольшее снижение количества повреждений мтДНК было обнаружено после курсового введения ГКСПК (группа VII). Так во фрагменте 12S-16S их число сократилось на 48,0 % и на 32,4 % во фрагменте ND5 относительно показателей позитивного контроля. В то время как введение ГКПК приводило к меньшему снижению количества повреждений мтДНК. Представленные данные, вероятно, могут являться свидетельством ДНК-протекторного действия ГКСПК при его курсовом введении по отношению к мтДНК печени мышей. Действительно, другие исследования демонстрируют ДНК-протекторный эффект экстракта плаценты при облучении ионизирующей радиацией, проявляющийся благодаря её противовоспалительному действию [18, 19].

Обнаруженный генопротекторный и ДНК-защитный эффект ГКПК и ГКСПК, вероятно, может быть обусловлен их антиоксидантным действием, которое проявляется благодаря содержанию в их составе витаминов и регуляторных молекул [6]. Для различных экстрактов животных тканей показано наличие в их составе малых пептидов и молекул массой 5-15 Да, которые, по-видимому, обладают различным спектром биологических эффектов, что обуславливает отличия в генопротекторном действии ГКПК и ГКСПК [20].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В результате проведенных исследований установлено, что ГКПК и ГКСПК не проявляли токсического, мутагенного и ДНК-повреждающего действия. Курсовое введение ГКПК и ГКСПК вызывало снижение частоты МЯПХЭ в костном мозге мышей, с индуцированной цитогенетической нестабильностью на 38,8 и 42,3 %, относительно животных, которым вводи-

ли только генотоксикант – митомицин. Эти данные свидетельствуют об антимутагенном действии ГКПК и ГКСПК. Кроме того, при курсовом введении ГКПК и ГКСПК мышам, получившим инъекцию митомицина, наблюдалась тенденция к уменьшению количества повреждений мтДНК печени мышей. Так при курсовом введении ГКСПК наблюдалось снижение количества повреждений мтДНК на 48,0 % и 32,4 % во фрагментах мтДНК 12S-16S и ND5 соответственно относительно мышей, которым вводили только митомицин. Таким образом, при курсовом введении ГКСПК тенденция к ДНК-протекторному действию была более выражена, относительно ГКПК. Эти изменения, вероятно, могут быть обусловлены антиоксидантным эффектом ГКПК и ГКСПК.

STUDY OF ANTIGENOTOXIC EFFECT OF HYDROPHILIC CRYOFRACTIONS OF SOME TISSUE OF CATTLE

Vostroilova G.A. – doctor of Biological Sciences, Chief Researcher (ORCID 0000-0002-2960-038X); **Shabanov D.I.** * – Researcher (ORCID 0000-0002-1574-1317); **Korchagina A.A.** – candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0002-8561-417X); **Khokhlova N.A.** – candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0001-6861-2554); **Syromyatnikov M.Yu.** – candidate of Biological Sciences, Principal Researcher (ORCID 0000-0001-9028-0613); **Strelnikov N.A.** – Junior Researcher (ORCID 0000-0002-0781-7713); **Nekrasov A.V.** – Senior Laboratory Assistant (ORCID 0000-0002-5957-1583).

All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy

*am7d@mail.ru

Financing: *The materials were prepared within the framework of the 2023 Russian Science Foundation competition "Conducting fundamental scientific research and exploratory scientific research by small individual scientific groups" (agreement No. 24-26-00034 dated 12/29/2023). https://rscf.ru/project/24-26-00034/.*

ABSTRACT

In conditions of environmental distress and high anthropogenic load in agricultural activities, the task of maintaining the integrity of the animal genome arises. One way to solve this problem is to use drugs that have an antimutagenic effect. Pharmaceutical substances obtained from animal tissues are promising components of such drugs due to their antioxidant and radioprotective effects. In this regard, the purpose of this work was to study the genoprotective effect of hydrophilic cryofraction of the placenta (HCPC) and its mixture with hydrophilic cryofraction of the spleen of cattle (HCSPC) in mice with cytogenetic instability induced by the genotoxicant - mitomycin C (MMC). The genoprotective effect of the studied substances was assessed by reducing the frequency of micronuclei of polychromatophilic erythrocytes (MNPCE) in the bone marrow of mice after administration of MMC. The amount of damage in mitochondrial DNA (mtDNA) in mouse liver was also determined using quantitative polymerase chain reaction. As a result of the studies, it was established that HCPC and HCSPC did not exhibit toxic, mutagenic or DNA-damaging effects. A course of administration of HCPC and HCSPC caused a decrease in the frequency of MNPCE in the bone marrow of mice, with induced cytogenetic instability by 38.8 and 42.3% ($p<0.05$), relative to animals that were administered only MMC. With a course of administration of HCPC and HCSPC to mice that received MMC, a tendency was found to reduce the amount of mtDNA damage in the liver of mice. Thus, with a course of administration of HCSPC, a decrease in the amount of mtDNA damage was observed by 48.0% and 32.4% in two mtDNA fragments, respectively, relative to mice that were administered only MMC. Thus, with a course of administration of HCSPC, the tendency towards a DNA-protective effect was more pronounced rela-

tive to HCPC. These data indicate that HCPC and HCSPC have antimutagenic and DNA protective effects, which are more pronounced by HCSPC, probably due to the high antioxidant effect.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Yimer, N., Chromosomal Anomalies and Infertility in Farm Animals: A Review / Yimer, N., Rosnina, Y.// Pertanika journal of tropical agricultural science. – 2014. – Vol. 37(1). – P. 1-18. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/264786591_Chromosomal_Anomalies_and_Infertility_in_Farm_Animals_A_review

2.Дурнев, А. Д. Актуальные аспекты генетической токсикологии лекарственных средств / А. Д., Дурнев, А. К., Жанатаев // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 90-109. – DOI 10.30895/1991-2919-2022-12-1-90-109. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48261901.

3.Iannuzzi, A., Chromosome Abnormalities and Fertility in Domestic Bovids: A Review. / A., Iannuzzi, P., Parma, L. Iannuzzi // Animals (Basel). – 2021. – Vol. 11(3). – P 802. – DOI 10.3390/ani11030802. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33809390/.

4.Russell, O. M., Mitochondrial Diseases: Hope for the Future. / O. M., Russell, G. S., Gorman, R. N., Lightowlers, D. M. Turnbull// Cell. – 2020. – Vol. 181(1). – P 168-188. – DOI 10.1016/j.cell.2020.02.051. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32220313/.

5.Pogozhykh, O., Placenta and Placental Derivatives in Regenerative Therapies: Experimental Studies, History, and Prospects. / O., Pogozhykh, V., Prokopyuk, C., Figueiredo, D. Pogozhykh// Stem Cells Int. – 2018. – 4837930. – DOI 10.1155/2018/4837930. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29535770/.

6.Han, K. H., Porcine Splenic Hydrolysate has Antioxidant Activity in vivo and in vitro. / K. H., Han, K., Shimada, T., Hayakawa, T. J., Yoon, M. Fukushima// Korean J Food Sci Anim Resour. – 2014. – Vol. 34 (3). – P. 325-332. – DOI 10.5851/kosfa.2014.34.3.325. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26761173/.

7.Najafi-Ghalehlou, N., Plumping up a Cushion of Human Biowaste in Regenerative Medicine: Novel Insights into a State-of-the-Art Reserve Arsenal. / N., Najafi-Ghalehlou, A., Feizkhah, M., Mobayen, Z., Pourmohammadi-Bejarpasi, S., Shekarchi, A. M., Roushandeh, M. H.Roudkenar, // Stem Cell Rev Rep. – 2022. – Vol. 18(8). – P. 2709-2739. – DOI 10.1007/s12015-022-10383-3. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35505177/.

8.Шабунин С. В. Антикластогенная активность аминоселетона при воздействии циклофосфамида на костный мозг мышей / С.В., Шабунин, Г.А., Востроилова, П.А. Паршин, Д.И., Шабанов, Н.А, Хохлова // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 4. – С. 763-771. – DOI 10.15389/agrobiology.2021.4.763rus. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46589190.

9.Sinitsky, M. Y., Mitomycin C induced genotoxic stress in endothelial cells is associated with differential expression of proinflammatory cytokines / M. Y., Sinitsky, A. G., Kutikhin, A. V., Tsepokina, D. K., Shishkova, M. A., Asanov, A. E., Yuzhalin, V. I., Minina, A. V., Ponasenko // Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen. – 2020. – No. 503252. – P. 858-860. – DOI 10.1016/j.mrgentox.2020.503252. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33198933/.

10.Jain, A. K. In Vivo Micronucleus Assay in Mouse Bone Marrow. / A. K., Jain, A. K.Pandey // Methods in Molecular Biology. – 2019. – Vol. 2031. – P. 135-146. – DOI 10.1007/978-1-4939-9646-9_7. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31473958/.

11.Миронов, А. Н. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая / Под ред. А.Н. Миронова. – Москва, Издательство: "Гриф и К", 2012. – 944с. Режим доступа: https://rsmu.ru/fileadmin/

templates/DOC/Zakon_RF/Mironov_Rukovodstvo_po_provedeniju_doklinicheskikh_issledovanii_lekarstvennykh_sredstv.pdf.
12.Lehle, S. LORD-Q: a long-run real-time PCR-based DNA-damage quantification method for nuclear and mitochondrial genome analysis. / S., Lehle, D. G., Hildebrand, B., Merz, P. N., Malak, M. S., Becker, P., Schmezer, F., Essmann, K., Schulze-Osthoff, O. Rothfuss, // Nucleic Acids Research. – 2014. – Vol. 42(6). – P. e41. – DOI 10.1093/nar/gkt1349. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24371283/.
13.Gureev, A. P., Simplified qPCR method for detecting excessive mtDNA damage induced by exogenous factors. / A. P., Gureev, E. A., Shaforostova, A. A., Starkov, V. N Popov, // Toxicology. - 2017. – Vol. 382. – P. 67-74. – DOI 10.1016/j.tox.2017.03.010. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28286206/.
14.Хорольская, В. Г., Влияние фенофибрата на генотоксичность в мозге и печени и на экспрессию генов, регулирующих метаболизм жирных кислот, у мышей. / В. Г., Хорольская, А. П., Гуреев, Е. А., Шафоростова, В. Н. Попов, // Биомедицинская химия. – 2019. – Vol. 65(5). P 388 -397. – DOI 10.18097/PBMC20196505388. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41255550.
15.Востроилова, Г. А. Исследование влияния комплексного препарата интерамин на цитогенетическую стабильность клеток костного мозга мышей / Г. А., Востроилова, Д. И., Шабанов, А. А., Корчагина, Ю. С.Пархоменко, // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 4. – С. 108-115. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.4.108. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50230146.
16.Дычко К.А., Рыжова Г.Л., Кравцова С.С., Кирьянова Н.Л., Кувшинов Н.Н., Гриднева В.И. Способ получения средства с адаптогенным и противолучевым действием. Патент RU 2142284 C1 (РФ) МПК6 A 61 K 35/28. Томский государственный университет (РФ). № 95110155/14. Заявл. 14.06.1995. Опубл. 10.12.1999. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38138011.
17.Шабанов Д. И. Исследование влияния митомицина на уровень повреждений митохондриальной ДНК у мышей in vivo / Д. И., Шабанов, Г. А., Востроилова, Е. В. Михайлов, М. Ю., Сыромятников, А. А., Корчагина, М. А., Селютина // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2023. – № 2(23). – С. 12-23. – DOI 10.17238/issn2541-8203.2023.2.12. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54030767.
18.Oh, E. DNA damage and protective effects of placental extracts in blood lymphocytes and lymphoid organs of mice exposed to gamma irradiation. / E., Oh, W., Jung, D., Sul// Journal of Radiation Research and Applied Sciences. – 2023. – Vol. 16(2). P. 100557. – DOI 10.1016/j.jrras.2023.100557. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/371210075_DNA_damage_and_protective_effects_of_placental_extracts_in_blood_lymphocytes_and_lymphoid_organs_of_mice_exposed_to_gamma_irradiation.
19.Kawakatsu M., Placental extract protects bone marrow-derived stem/progenitor cells against radiation injury through anti-inflammatory activity. / M., Kawakatsu, Y., Urata, S., Goto, Y., Ono, T. S. Li, // Journal of Radiation Research. – 2013. – Vol. 54(2). – P 268-276. – DOI 10.1093/jrr/rrs105. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23154884/.
20.Jee, J. P., Isolation and identification of steroidogenic peptides from calf spleen. / J. P., Jee, S. E., Jin, E., Ban, H. J., Lee, Y., Park, Y., Park, H. J., Maeng, H. T., Kim, C. K. Kim // Arch Pharm Res. – 2012. – Vol. 35(4). – P. 653-658. – DOI 10.1007/s12272-012-0409-z. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22553058/.

REFERENCES

1.Yimer, N., Chromosomal Anomalies and Infertility in Farm Animals: A Review / Yimer, N., Rosnina, Y.// Pertanika journal of tropical agricultural science. 2014: 37(1): 1-18. URL: https://www.researchgate.net/publica-

tion/264786591_Chromosomal_Anomalies_and_Infertility_in_Farm_Animals_A_review.

2.Durnev, A. D. Current aspects of genetic toxicology of drugs / A. D. Durnev, A. K. Zhanatayev // Bulletin of the Scientific Center for Expertise of Medical Products. Regulatory studies and expertise of drugs. 2022: 12(1): 90-109. DOI 10.30895/1991-2919-2022-12-1-90-109. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48261901 (In Russ.).

3.Iannuzzi, A., Chromosome Abnormalities and Fertility in Domestic Bovids: A Review. / A. Iannuzzi, P. Parma, L. Iannuzzi // Animals (Basel). 2021: 11(3): 802. DOI 10.3390/ani11030802. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33809390/.

4.Russell, O. M., Mitochondrial Diseases: Hope for the Future. / O. M. Russell, G. S. Gorman, R. N. Lightowlers, D. M. Turnbull// Cell. 2020: 181(1): 168-188. DOI 10.1016/j.cell.2020.02.051. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32220313/.

5.Pogozhykh, O., Placenta and Placental Derivatives in Regenerative Therapies: Experimental Studies, History, and Prospects. / O. Pogozhykh, V. Prokopyuk, C. Figueiredo, D. Pogozhykh// Stem Cells Int. 2018: 4837930. DOI 10.1155/2018/4837930. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29535770/.

6.Han, K. H., Porcine Splenic Hydrolysate has Antioxidant Activity in vivo and in vitro. / K. H. Han, K. Shimada, T. Hayakawa, T. J. Yoon, M. Fukushima// Korean J Food Sci Anim Resour. 2014: 34(3): 325-332. DOI 10.5851/kosfa.2014.34.3.325. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26761173/.

7.Najafi-Ghalehlou, N., Plumping up a Cushion of Human Biowaste in Regenerative Medicine: Novel Insights into a State-of-the-Art Reserve Arsenal. / N. Najafi-Ghalehlou, A. Feizkhah, M. Mobayen, Z. Pourmohammadi-Bejarpasi, S. Shekarchi, A. M. Roushandeh, M. H. Roudkenar, // Stem Cell Rev Rep. 2022: 18(8): 2709-2739. DOI 10.1007/s12015-022-10383-3. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35505177/.

8.Shabunin, S. V. Anticlastogenic activity of aminoseleton under the influence of cyclophosphamide on the bone marrow of mice / S. V. Shabunin, G. A. Vostroilova, P. A. Parshin, D. I. Shabanov, N. A. Khokhlova // Agricultural biology. 2021: 56(4): 763-771. DOI 10.15389/agrobiology.2021.4.763rus. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46589190 (In Russ.).

9.Sinitsky, M. Y., Mitomycin C induced genotoxic stress in endothelial cells is associated with differential expression of proinflammatory cytokines / M. Y. Sinitsky, A. G. Kutikhin, A. V. Tsepokina, D. K. Shishkova, M. A. Asanov, A. E. Yuzhalin, V. I. Minina, A. V. Ponasenko // Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen. 2020: 503252: 858-860. DOI 10.1016/j.mrgentox.2020.503252. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33198933/.

10.Jain, A. K. In Vivo Micronucleus Assay in Mouse Bone Marrow. / A. K., Jain, A. K.Pandey // Methods in Molecular Biology. 2019: 2031: 135-146. DOI 10.1007/978-1-4939-9646-9_7. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31473958/.

11.Mironov, A. N. Guidelines for conducting preclinical studies of medicinal products. Part one / Ed. A. N. Mironov. – Moscow, Publisher: "Grif i K", 2012:944. URL:https://rsmu.ru/fileadmin/templates/DOC/Zakon_RF/Mironov_Rukovodstvo_po_provedeniju_doklinicheskikh_issledovanii_lekarstvennykh_sredstv.pdf (In Russ.).

12.Lehle, S. LORD-Q: a long-run real-time PCR-based DNA-damage quantification method for nuclear and mitochondrial genome analysis. / S. Lehle, D. G. Hildebrand, B. Merz, P. N. Malak, M. S. Becker, P. Schmezer, F. Essmann, K. Schulze-Osthoff, O. Rothfuss, // Nucleic Acids Research. 2014: 42(6): e41. DOI 10.1093/nar/gkt1349. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24371283/.

13.Gureev, A. P., Simplified qPCR method for detecting excessive mtDNA damage induced by exogenous factors. / A. P. Gureev, E. A. Shaforostova, A. A. Starkov, V. N Popov, // Toxicology. 2017: 382: 67-74. DOI 10.1016/j.tox.2017.03.010. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28286206/.

14.Khorolskaya, V. G., Effect of fenofibrate

on genotoxicity in the brain and liver and on the expression of genes regulating fatty acid metabolism in mice. / V. G. Khorolskaya, A. P. Gureev, E. A. Shaforostova, V. N. Popov, // Biomedical Chemistry. 2019: 65(5): 388-397. DOI 10.18097/PBMC20196505388. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41255550 (In Russ.).

15. Vostroilova, G. A. Study of the influence of the complex drug interamin on the cytogenetic stability of bone marrow cells in mice / G. A. Vostroilova, D. I. Shabanov, A. A. Korchagina, Yu. S. Parkhomenko, // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2022: 4: 108-115. DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.4.108. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50230146(In Russ.).

16. Dychko, K.A., Ryzhova G.L., Kravtsova S.S., Kiryanova N.L., Kuvshinov N.N., Gridneva V.I. Method for obtaining a product with adaptogenic and antiradiation action. Patent RU 2142284 C1 (RF) IPC6 A 61 K 35/28. Tomsk State University (RF). No. 95110155/14. Claimed 14.06.1995. Published 10.12.1999. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38138011(In Russ.).

17. Shabanov, D. I. Study of the effect of mitomycin on the level of mitochondrial DNA damage in mice in vivo / D. I. Shabanov, G. A. Vostroilova, E. V. Mikhailov, M. Yu. Syromyatnikov, A. A. Korchagina, M. A. Selutina // Bulletin of Veterinary Pharmacology. 2023: 2(23): 12-23. DOI 10.17238/issn2541-8203.2023.2.12. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54030767(In Russ.).

18. Oh, E. DNA damage and protective effects of placental extracts in blood lymphocytes and lymphoid organs of mice exposed to gamma irradiation. / E. Oh, W. Jung, D. Sul// Journal of Radiation Research and Applied Sciences. 2023: 16(2): 100557. DOI 10.1016/j.jrras.2023.100557. URL: https://www.researchgate.net/publication/371210075_DNA_damage_and_protective_effects_of_placental_extracts_in_blood_lymphocytes_and_lymphoid_organs_of_mice_exposed_to_gamma_irradiation.

19. Kawakatsu M., Placental extract protects bone marrow-derived stem/progenitor cells against radiation injury through anti-inflammatory activity. / M. Kawakatsu, Y. Urata, S. Goto, Y. Ono, T. S. Li, // Journal of Radiation Research. 2013: 54(2): 268-276. DOI 10.1093/jrr/rrs105. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23154884/.

20. Jee, J. P., Isolation and identification of steroidogenic peptides from calf spleen. / J. P. Jee, S. E. Jin, E. Ban, H. J. Lee, Y. Park, Y. Park, H. J. Maeng, H. T. Kim, C. K. Kim // Arch Pharm Res. 2012: 35(4): 653-658. DOI 10.1007/s12272-012-0409-z.

УДК: 636.2.082.12:575.113.2:636.234.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.365

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОБСТВЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ХОЛМОГОРСКОЙ ПОРОДЫ

Недашковский И.С.* – канд. биол. наук, ст. науч. сотр., зав. отделом национального каталога Национального центра генетических ресурсов с.-х. животных (ORCID 0000-0003-0487-4576); **Контэ А.Ф.** – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных (ORCID 0000-0003-4877-0883); **Рудиянов Д.М.** – вед. технолог группы развития криобанка, (ORCID 0000-0003-1734-9834); **Абдельманова А.С.** – д-р биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории функциональной и эволюционной геномики животных, (ORCID: 0000-0003-4752-0727); **Волкова Н.А.** – д-р биол. наук, зав. лабораторией клеточной инженерии (ORCID: 0000–0001–7191–3550); **Сермягин А.А.**[1] – канд. с.-х. наук, директор ВНИИГРЖ (ORCID: 0000-0002-1799-6014); **Гусев И.В.** – канд. биол. наук, директор Национального центра генетических ресурсов с.-х. животных (ORCID: 0000-0002-2346-4313); **Зиновьева Н.А.** – д-р биол. наук, проф., академик РАН, директор (ORCID: 0000-0003-4017-6863).

ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста
[1]ФГБНУ ВНИИГРЖ

**nedashkovsky_is@mail.ru*

Ключевые слова: *холмогорский скот, спермопродукция, наследуемость, генетические корреляции, модели линейного уравнения*

Keywords: *kholmogory cattle, sperm production, heritability, genetic correlations, linear equation models*

Финансирование: *Исследования выполнены в рамках Национального центра генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, созданного на базе ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в соответствии с Указом президента РФ № 195 от 19 марта 2024 г.*

Поступила: 25.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Впервые в России будет произведен математический анализ спермопродукции холмогорских быков-производителей на основе модели линейного уравнения. Целью исследований – являлось оценка параметров изменчивости собственной продуктивности быков-производителей холмогорской породы на основе модели линейного уравнения. Объектом исследования служили быки-производители холмогорской породы (n = 72) рожденные и используемые преимущественно в республике Коми. Основные аспекты спермопродуктивности, которые были предметом исследования, включают следующие параметры: «доля живых спермиев», «концентрация спермиев», «доля спермиев с ППД, (%)», «число спермиев с ППД в дозе», «число спермиев с интактной акросомой», «число спермиев с аномальной морфологией», «выживаемость спермиев при 38°С, ч». Для анализа собранных данных

был использован подход, основанный на применении модели смешанного уравнения с применением программы ограниченного максимального правдоподобия REMLF90. Наибольшими значениями коэффициента генетических корреляций обладают такие показатели спермопродукции, как «концентрация спермиев, млн/мл» – она достоверно положительно связана с «числом спермиев с ППД в дозе, млн.» и «числом спермиев с интактной акросомой, %». В этом случае корреляции находились на уровне r=0,6–0,8. «Число спермиев с аномальной морфологией, %» положительно коррелирует с «долей живых спермиев, %» и с показателем «выживаемость спермиев при 38°С». Отрицательно же сильных достоверных связей не было установлено ни по значениям генетических, ни по паратипическим корреляциям. Низкая наследуемость показателей спермопродуктивности (0,039…0,112) указывает на то, что на данные показатели влияние генетики мало. Среди данных показателей наивысшим значением коэффициента наследуемости обладал показатель «выживаемость спермиев при 38°С» (0,322). В свете анализа спермопродуктивности как комплекса показателей, можно утверждать, что данная система демонстрирует значительную стабильность и вариативность, что подчеркивает важность учета различных аспектов при оценке спермопродуктивности.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Показатели спермопродукивности всецело и многими десятилетьями изучаются как отечественными, так и зарубежными учеными. Современные глубинные методы математического анализа такие как линейные модели ограниченного максимального правдоподобия могут использоваться для этих целей. Применение подобных моделей дает возможность понимания изменчивости показателей качества семени и открывает новые возможности к ведению селекционной работы, соответствующей уровню сегодняшнего дня – уровню эры геномной селекции 21 века.

Исследование, проведенное нашими иностранными коллегами на крупном рогатом скоте молочных пород, выявило важные связи между качественными характеристиками спермы и ее репродуктивной эффективностью. Корреляция между подвижностью сперматозоидов и способностью оплодотворять яйцеклетку достигла значительного уровня ($r = 0,672$, $p < 0,05$). Это указывает на важную роль подвижности спермы в процессе оплодотворения. Отмечена сильная связь между числом сперматозоидов с полноценной активностью после оттаивания и их способностью оплодотворять яйцеклетку ($r = 0,636$, $p < 0,05$). Выявлена значительная корреляция между общим количеством жизнеспособных сперматозоидов и их способностью к оплодотворению ($r = 0,635$, $p < 0,05$) [1, 2].

Исследования показывают, что некоторые характеристики спермы крупного рогатого скота, связанные с аномальными формами сперматозоидов, имеют генетическую основу. Это особенно важно для понимания механизмов бесплодия у быков. Наследуемость (h^2) спермиев с поврежденной акросомой, которая влияет на фертильность спермы и может приводить к бесплодию, составляет около 0,35. Это указывает на значительный генетический компонент этой аномалии. Спермиев с включениями цитоплазматической капли, также влияющих на фертильность, наследуется с коэффициентом около 0,19. Хотя этот показатель ниже, чем для акросомальной аномалии, он все еще демонстрирует значительную генетическую связь [3, 4].

Исследование, проведенное Пыжовой Е. на большом числе быков-производителей 11 пород, раскрыло важные закономерности в генетической основе репродуктивной производительности крупного рогатого скота. Генетические факторы играют значительную роль в репродуктивной производительности. Оплодотворяющая способность спермы на 27% обусловлена генетическими факторами. При этом фертильность семени была наивысшей у быков черно-пестрой породы — 76,9%. В голштинской породе лучшими оказались быки немецкой селекции — 62,0%. Наследуемость объема

эякулята и количества сперматозоидов в нем очень высока - 0,970 и 0,632 соответственно. Это говорит о значительном генетическом влиянии на эти параметры. Наследуемость оплодотворяющей способности сперматозоидов и их концентрации в 1 мл оказалась умеренной - 0,20...0,18. Это указывает на сложность генетических механизмов, контролирующих эти параметры. Объем эякулята, количество сперматозоидов в нем, и их концентрация в 1 мл зависят от наследственных факторов на 46,02%, 43,31% и 56,38% соответственно. Это подтверждает важность генетических факторов в формировании этих характеристик спермы [5].

В стадах голштинизированного чёрно-пёстрого и голштинского скота в Московской области были проведены исследования наследуемости некоторых характеристик семени. Оплодотворяющая способность, объём и средний объём эякулята, концентрация и число сперматозоидов имеют умеренные коэффициенты наследуемости — 0,142, 0,332, 0,366, 0,202 и 0,169 соответственно. Это указывает на то, что на данные показатели значительное влияние оказывают факторы окружающей среды. Однако также было установлено достоверное влияние производителя на оплодотворяющую способность спермы [6].

В ходе исследования Murphy E. M и соавторов на голштинской породе были получены данные о взаимосвязи возраста быков-производителей с некоторыми характеристиками их семени. Объём эякулята у быков голштинской породы положительно коррелировал с возрастом быка ($r=0,62$, $P<0,01$) и увеличивался на 1/2 мл в год. Также была отмечена линейная взаимосвязь объёма эякулята и общего количества сперматозоидов в нём ($r=0,71$; $P<0,01$). Наибольшая концентрация сперматозоидов наблюдалась у молодых быков в возрасте от одного до двух лет ($P<0,05$). С увеличением возраста концентрация сперматозоидов снижалась [7, с. 2411].

В ходе исследования, проведённого T. Druet и соавторами на голштинской породе крупного рогатого скота, были получены данные о наследуемости некоторых характеристик семени. Объём эякулята, концентрация сперматозоидов в 1 мл и их общее количество характеризовались умеренной наследуемостью в диапазоне от 0,09 до 0,22. Показатели, связанные с аномалиями головки и хвоста сперматозоидов, имели наследуемость от 0,19 до 0,35. Остальные качественные показатели имели наследуемость в пределах от 0,13 (доля сперматозоидов с высокой активностью) до 0,59 (доля сперматозоидов с прямолинейным движением и живых сперматозоидов после осмотического стресса). Показатели подвижности сперматозоидов $h^2=0,27$, доля живых сперматозоидов после оттаивания и средняя скорость движения также отличались умеренной наследуемостью — 0,21 и 0,27 соответственно [8].

Исследование, проведенное ирландскими учеными с использованием математического анализа, предоставило важные данные о наследуемости репродуктивных функций у быков-производителей различных популяций молочного и мясного скота. Наследуемость объемом эякулята была умеренной - 0,197. Концентрация спермы также показала умеренную наследуемость - 0,169. Количество сперматозоидов в эякуляте демонстрировало более высокую степень наследуемости - 0,222. Однако, наиболее интересным результатом стало обнаружение низкой наследуемости подвижности сперматозоидов - всего 0,054 [9].

T. Suchocki и соавторы отмечают, что сравнительно высокой наследуемостью характеризовались показатели концентрации сперматозоидов в 1 мл (0,34±0,068), подвижности (0,31±0,064), количества сперматозоидов в эякуляте (0,27±0,060) и объем эякулята (0,26±0,062) [10].

В ходе исследования, проведённого Сермягиным А. А. и соавторами, были проанализированы количественные показатели спермопродукции 282 быков-производителей голштинской породы российской популяции. Результаты иссле-

дования показали, что наследуемость объёма эякулята составляет 0,322, концентрации сперматозоидов — 0,202, количества сперматозоидов в эякуляте — 0,169. Это позволяет сделать вывод о том, что данные признаки могут быть улучшены путём селекции [11].

C. Liu и его коллеги провели комплексное исследование репродуктивных показателей у 730 быков-производителей голштинской породы китайской популяции. Установлено, что наследуемость объема эякулята составила 0,15, что указывает на умеренно низкую генетическую зависимость этого параметра. Концентрация сперматозоидов в эякуляте показала более высокую степень наследуемости - 0,22. Количество сперматозоидов в эякуляте демонстрировало умеренную наследуемость - 0,16 [12].

D. P. Berry и соавторы провели оценку генетических параметров ряда показателей качества спермы у 787 быков 16 пород. В результате показатели наследуемости варьировали от 0,13 до 0,34. Эти данные свидетельствуют о том, что генетические факторы играют значительную роль в формировании качественных характеристик спермы у крупного рогатого скота [13].

В целом, анализ различных источников показывает, что повторяемость показателей объёма эякулята составляет от 0,29 до 0,65, количества сперматозоидов в эякуляте — от 0,24 до 0,62, а их концентрации в 1 мл — от 0,32 до 0,57. Эти результаты могут быть полезны для селекционной работы с целью улучшения репродуктивных качеств животных. [8, 14].

В работах на крупного рогатом скоте мясного направления продуктивности Угнивенко А.Н отмечает, что взаимосвязь между мясными формами у 15- месячном возрасте и показателями спермопродуктивности различна и имеет отрицательные величины (от минус 0,02 до минус 0,12) [15].

Коллеги из Норвегии, Китая, США и Канады провели исследования генетической корреляции между различными показателями качества спермы. Результаты показали, что генетическая корреляция между концентрацией сперматозоидов в 1 мл и их подвижностью варьируется от 0,18–0,53 до 0,83. Между объёмом и количеством подвижных сперматозоидов она составляет от 0,24–0,36 до 0,57. Между объёмом эякулята и количеством сперматозоидов в эякуляте генетическая корреляция находится в пределах от 0,70 до 0,82. А между количеством подвижных сперматозоидов и оценкой подвижности — от 0,61 до 0,88. Независимо от того, измерялись ли эти признаки до или после криоконсервации, генетические корреляции между процентным содержанием живых сперматозоидов и подвижностью сперматозоидов в эякуляте варьировались от 0,68 до 0,94. В ходе исследования была выявлена тесная корреляция между процентом живых сперматозоидов до и после криоконсервации, достигающая 0,96. Также была обнаружена высокая корреляция (до 0,99) между общим количеством сперматозоидов и их количеством в эякуляте. Между количеством сперматозоидов с прямолинейно-поступательным движением и количеством живых после оттаивания была отмечена корреляция 0,89, а между долей живых после осмотического стресса — 0,86. Однако также были выявлены отрицательные корреляции: между объёмом эякулята и концентрацией сперматозоидов в 1 мл — от -0,13 ($p>0,05$) до -0,55; между количеством аномальных сперматозоидов с дефектами головки и хвоста (%) и объёмом эякулята — до -0,12, концентрацией — -0,2-0,33, общим количеством сперматозоидов — до -0,38 и подвижностью сперматозоидов — до -0,56. Последнее указывает на то, что высокая доля аномалий была связана со сперматозоидами с низкой подвижностью. Эти данные могут быть полезны для селекционной работы с целью улучшения репродуктивных качеств животных [16,17,18,19].

Исследования, проведенные Нарышкиной Е.Н. на быках-производитлях голштинской породы 2002-2014 годов рождения показали, что генетические и фенотипические корреляции между объе-

мом и количеством сперматозоидов 0,68 и 0,52 определены средней взаимосвязью. Во все возрастные периоды взаимосвязь между показателями собственной продуктивности быков-производителей имела в основном линейный характер. Достоверно высокая корреляция между объемом и количеством спермиев в эякуляте была на уровне +0,59 (P≤0,001) - +0,66 (P≤0,001); между количеством и концентрацией спермиев на уровне +0,31(P≤0,001) - +0,49 (P≤0,001) во все возрастные периоды [20].

Анализ литературных данных говорит о отсутствии результатов математического анализа спермопродукции холмогорских быков-производителей, что, несомненно, задает актуальности данному исследованию. И, исходя из вышеизложенного **целью** исследования являлось оценка параметров изменчивости собственной продуктивности быков-производителей холмогорской породы на основе модели линейного уравнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В рамках научного исследования, направленного на изучение фенотипической и генетической изменчивости параметров спермопродуктивности, была сформирована выборка из 72 быков-холмогорской породы, предназначенных для анализа в качестве производителей. Для анализа собранных данных был использован подход, основанный на применении модели смешанного уравнения с применением процедуры REMLF90. Этот метод позволил оценить не только значения вариаций и корреляций между различными показателями, но и характер генетической взаимосвязи между показателями исследуемых животных.

В процессе анализа генетической изменчивости признаков было решено использовать метод ограниченного максимального правдоподобия (REML), реализованный через программу REMLF90. Этот метод позволяет оценить генетические вариации и ковариации между различными признаками, используя статистические модели, адаптированные под конкретные данные. Применение REMLF90 обеспечивает точность и надежность получаемых результатов, что критически важно для глубокого понимания генетической структуры исследуемых популяций:

$$Y_{ilk} = \mu + GY_k + GB_k + L_k + W_k + Animal_i + e_{nlk}$$

где Y_{ilk} – оцениваемый показатель k-го быка, μ – популяционная константа, GYn – «группа по году рождения», GB_n – фиксированный эффект «группа кровности», L_k – линия k-го быка, W_k – живая масса k-го быка, $Animal_l$ – рандомизированный эффект i-го производителя (i=1…72 головы), e_{ilk} – эффект неучтенных факторов [21].

В контексте статистического исследования, для оценки влияния конкретных факторов на наблюдаемые данные, такие как «группа по году рождения», «группа по кровности» и «линия», применялась методика дисперсионного анализа. Дисперсионный анализ позволяет выявить существенные различия между средними значениями различных групп или условий.

В рамках этого анализа, переменная x_{ik} обозначает k-ю наблюдаемую величину внутри i-й группы. Модель однофакторного дисперсионного анализа формулируется через уравнение, описывающее взаимосвязь между группами и их средними значениями. Общее уравнение модели однофакторного дисперсионного анализа имеет следующий вид:

$$x_{ik} = a + m_i + \varepsilon_{ik},$$

где a – генеральное среднее всех результатов наблюдений, то есть $M(X)$, m_i – эффект влияния на X, вызванный i-м уровнем фактора A, иначе отклонение математического ожидания a_i результативного признака при i-м уровне фактора от общего математического ожидания a, то есть $m_i = a_i - a$, ε_{ik} – случайный остаток, отражающий влияние на величину x_{ik} всех других неконтролируемых факторов.

В рамках исследовательской работы, направленной на изучение фенотипиче-

ской и генетической изменчивости ключевых показателей спермопродуктивности у быков холмогорской породы, было проведено тщательное изучение. В выборке было 72 особи, что позволило собрать достаточно данных для детального анализа.

Основные аспекты спермопродуктивности, которые были предметом исследования, включают следующие параметры: «доля живых спермиев», «концентрация спермиев», «доля спермиев с ППД, (%)», «число спермиев с ППД в дозе», «число спермиев с интактной акросомой», «число спермиев с аномальной морфологией», «выживаемость спермиев при 38° С, ч».

Для анализа генетических связей между этими показателями, а также для расчета коварианс и варианс признаков, была использована специализированная программа ограниченного максимального правдоподобия REMLF90. Этот инструмент позволяет проводить сложные статистические моделирование, включая линейную модель смешанных эффектов, которая является предпочтительным методом для анализа генетической изменчивости. Применение таких моделей и инструментов позволяет не только выявить генетические корреляции между различными показателями спермопродуктивности, но и оценить вклад генетических факторов в изменчивость этих характеристик. Это знание критически важно для разработки стратегий селекционного воспроизводства, направленных на улучшение спермопродуктивности в сельскохозяйственной практике.

Коррелограммы построены на основе скриптов языка программирования R в R-Studio с использованием программного пакета corrplot.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В ходе научного исследования, проведенного с использованием статистического анализа, были собраны и изучены данные о спермопродуктивности быков холмогорской породы. Эти данные представлены в таблице 1, которая включает в себя ключевые параметры, отражающие производительность каждого животного в данном аспекте.

В результате детального анализа всех исследованных показателей спермопродуктивности у холмогорских быков было установлено, что все они соответствуют физиологически приемлемым стандартам. Особое внимание было уделено коэффициенту вариации, который позволяет оценить степень изменчивости данных. В этом контексте наиболее значительной изменчивостью характеризовались три показателя: «число спермиев с ППД в дозе», «выживаемость спермиев при 38° С», «число спермиев с аномальной морфологией».

При анализе пика распределения случайных величин и коэффициента эксцесса, которое указывает на форму распределения данных, было выяснено, что большинство наблюдений отличаются незначительными отклонениями от нормального распределения. Это свидетельствует о стабильности и предсказуемости спермопродуктивных показателей у исследуемых быков.

Для уравнения смешанной модели в качестве фиксированных эффектов были выбраны «группа по году рождения», «группа по кровности» и «линия» и посредством дисперсионного анализа определяли степень и характер влияния их на исследуемые показатели. Обычно в исследованиях по ряду видов сельскохозяйственных животных при использовании линейных уравнений и зачастую BLUP как фиксированный фактор применяют HYS касательно маток крупного рогатого скота. В нашем же случае мы каждый эффект использовали в модели обособленно. Живая масса использовалась как регрессионный фактор.

Дисперсионный анализ помогает еще и определить коэффициент детерминации или силу влияния фактора как элемента воздействия.

Исследование, проведенное с использованием критерия Фишера (F), подтвердило наличие значимых взаимосвязей между тремя ключевыми группами: «годом рождения животных», их

«кровностью» и «линейной принадлежностью», а также рядом характеристик спермопродуктивности. Дисперсионный анализ, примененный в рамках этого исследования, позволил установить, что эти группы оказывают заметное влияние на различные аспекты спермопродуктивности.

Кроме того, высокий коэффициент детерминации (R^2) указывает на то, что выбранные факторы объясняют большую часть вариации в данных о спермопродуктивности. Это подчеркивает важность учета этих групп при планировании программ селекции и управления популяцией животных, направленной на улучшение качества и количества производимой спермы. На основе проведенных расчетов с использованием линейного уравнения смешанной модели при применении подпрограммы REMLF90 BLUPF90 получены генетические и фенотипические вариансы и корреляции, отражающие изменчивость изучаемых показателей.

Показатели спермопродуктивности обладают своими закономерностями генетических и фенотипических корреляций (рисунок 1 и 2).

Таблица 1 – Показатели спермопродуктивности холмогорских быков

Показатели	n	M	±m	σ	Cv	kurtosis	min	max
Доля живых спермиев, %	72	32.8	1.9	16.0	48.8	-0.52	4.7	66.2
Концентрация спермиев, млн/мл	72	160.0	8.3	70.6	44.2	0.89	26.8	406.7
Доля спермиев с ППД, %	72	27.2	1.6	13.6	50.2	-0.57	3.1	58.1
Число спермиев с ППД в дозе, млн.	72	44.2	3.8	32.6	73.9	0.69	3.5	140.5
Число спермиев с интактной акросомой, %	72	56.4	1.6	13.4	23.8	-0.72	23.1	82.8
Число спермиев с аном. морфологией, %	72	9.0	0.5	4.5	50.7	0.84	1.6	22.7
Выживаемость спермиев при 38°С, ч среднее	72	2.6	0.2	1.4	54.2	-0.55	0.0	5.0

Примечание: X – среднее значение, ±x – ошибка среднего значения, σ – стандартное отклонение, Cv – коэффициент вариации, Kurtosis – коэффициент эксцесса, Min – минимальное значение, Max – максимальное значение.

Наибольшими значениями коэффициента генетических корреляций обладают такие показатели спермопродукции, как «концентрация спермиев, млн/мл» – она достоверно положительно связана с «числом спермиев с ППД в дозе, млн.» и «числом спермиев с интактной акросомой, %». В этом случае корреляции находились на уровне r=0,6–0,8. «Число спермиев с аномальной морфологией, %» положительно коррелирует с «долей живых спермиев, %» и с показателем «выживаемость спермиев при 38°С».

Отрицательно же сильных достоверных связей не было установлено ни по значениям генетических, ни по паратипическим корреляциям.

Относительно же фенотипической связи картина хоть несколько иная, но от генотипических корреляций они значительно не отличаются. Подтверждены все те же закономерности.

Если же обратить внимание на генетическое разнообразие показателей спермопродуктивности по исследованному поголовью, то оно в разы ниже изменчивости фенотипа (таблица 2 и 3). Фенотипическая изменчивость оказалась выше и по ко-вариансам и вариансам.

Низкая наследуемость показателей спермопродуктивности (0,039…0,112) указывает на то, что на данные показатели влияние генетики мало (таблица 4).

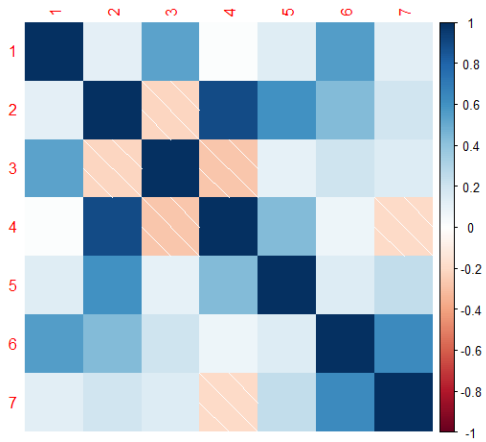


Рисунок 1 – Тепловая карта генетических связей между показателями спермопродукции холмогорских быков.

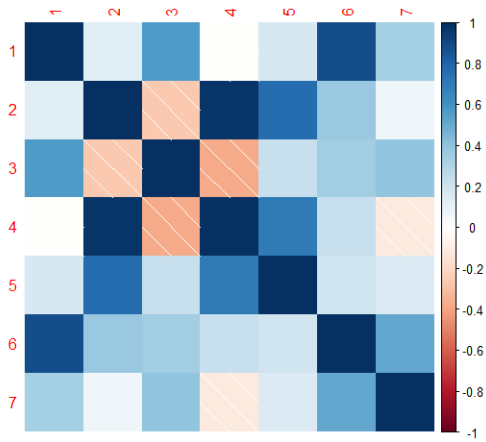


Рисунок 2 - Тепловая карта паратипических связей между показателями спермопродукции холмогорских быков.

Примечание: 1 – доля живых спермиев; 2 – концентрация спермиев; 3 – доля спермиев с ППД, (%); 4 –число спермиев с ППД в дозе; 5 – число спермиев с интактной акросомой; 6 – число спермиев с аномальной морфологией; 7 – выживаемость спермиев при 38°С, ч.

Таблица 2 – Генетическая изменчивость показателей спермопродуктивности

	1	2	3	4	5	6	7
1	570,200	3,898	68,680	0,347	5,610	18,240	0,927
2	3,898	1,898	-1,553	1,676	1,450	0,822	0,082
3	68,680	-1,553	28,490	-1,998	1,017	1,510	0,230
4	0,347	1,676	-1,998	1,838	1,017	0,149	-0,083
5	5,610	1,450	1,017	1,017	3,013	0,343	0,131
6	18,240	0,822	1,510	0,149	0,343	1,898	0,268
7	0,927	0,082	0,230	-0,083	0,131	0,268	0,093

Таблица 3 – Паратипическая изменчивость показателей спермопродуктивности

	1	2	3	4	5	6	7
1	57580,00	299,90	7323,00	-11,29	523,00	1723,00	82,98
2	299,90	96,75	-139,10	87,63	95,40	30,09	0,71
3	7323,00	-139,10	2917,00	-185,30	154,50	150,10	21,90
4	-11,29	87,63	-185,30	82,92	81,85	16,75	-1,07
5	523,00	95,40	154,50	81,85	161,60	20,39	1,99
6	1723,00	30,09	150,10	16,75	20,39	66,04	4,33
7	82,98	0,71	21,90	-1,07	1,99	4,33	1,06

Примечание для таблиц 2 и 3: Диагональные элементы – вариансы; вне диагональные – ко-вариансы; 1 – доля живых спермиев; 2 – концентрация спермиев; 3 – доля спермиев с ППД, (%); 4 – число спермиев с ППД в дозе; 5 – число спермиев с интактной акросомой; 6 – число спермиев с аномальной морфологией; 7 – выживаемость спермиев при 38°С, ч.

Таблица 4 – Коэффициент наследуемости показателей спермопродуктивности (h^2)

Показатели	h2
Доля живых спермиев	0,039
Концентрация спермиев	0,077
Доля спермиев с ППД, (в %)	0,039
Число спермиев с ППД в дозе	0,087
Число спермиев с интактной акросомой	0,073
Число спермиев с аномальной морфологией	0,112
Выживаемость спермиев при 38°С	0,322

Среди данных показателей наивысшим значением коэффициента наследуемости обладал показатель «выживаемость спермиев при 38°С» (0,322).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В свете анализа спермопродуктивности как комплекса показателей, можно утверждать, что эта система демонстрирует значительную стабильность и вариативность. Это подчеркивает важность учета различных аспектов при оценке спермопродуктивности. Использование уравнения смешанной модели предоставляет дополнительные инструменты для понимания природы этой изменчивости. Однако, для достижения более всестороннего понимания генетических факторов, влияющих на спермопродуктивность, необходимо расширить выборку исследуемых животных. Это позволит получить более точное представление о генетической основе изменчивости спермопродуктивности и способствовать дальнейшим исследованиям в этой области.

EVALUATION OF THE PARAMETERS OF VARIABILITY OF THE PRODUCTIVITY OF KHOLMOGORY BREED BULLS

Nedashkovsky I.S. – candidate of biological sciences, senior researcher, head of Department of the National Catalog, (ORCID: 0000-0003-0487-4576); **Conte A.F. –** candidate of agricultural sciences, senior researcher of population genetics and animal breeding department, (ORCID: 0000-0003-4877-0883); **Rudianov D.M. –** leading technologist of the cryobank development group, (ORCID: 0000-0003-1734-9834); **Abdelmanova A.S. –** doctor of biological sciences, senior researcher of laboratory of functional and evolutionary genomics of animals, (ORCID: 0000-0003-4752-0727); **Volkova N.A. –** doctor of biological sciences, chief researcher, head of cell engineering laboratory, (ORCID: 0000–0001–7191–3550); **Sermyagin A.A.[1] –** candidate of agricultural sciences, director, (ORCID: 0000-0002-1799-6014); **Gusev I.V. –** candidate of biological sciences, director of National center for genetic resources of agricultural animals, (ORCID: 0000-0002-2346-4313); **Zinovieva N.A. –** doctor of biological sciences, professor, member of RAS, director (ORCID: 0000-0003-4017-6863).

L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry

[1]All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals

*nedashkovsky_is@mail.ru

Financing: *The research was carried out within the framework of the National Center for Genetic Resources of Agricultural Animals, created on the basis of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry in accordance with the Decree of the President of the Russian Federation No. 195 of March 19, 2024.*

ABSTRACT

For the first time in Russia a mathematical analysis of sperm production of Kholmogory stud bulls will be performed based on a linear equation model. The aim of the research was to evaluate the parameters of variability of the productivity of Kholmogory stud bulls based on a linear equation model. The object of the study was Kholmo-

gory stud bulls (n = 72) born and used mainly in the Komi Republic. The main aspects of sperm productivity that were the subject of the study include the following parameters: "proportion of live sperm", "sperm concentration", "proportion of sperm with PPD, (%)", "number of sperm with PPD in a dose", "number of sperm with intact acrosome", "number of sperm with abnormal morphology", "sperm survival at 38°C, h". The collected data were analyzed using a mixed equation model approach with the REMLF90 restricted maximum likelihood program. The highest values of the genetic correlation coefficient were found for such sperm production parameters as "sperm concentration, million/ml" - it was reliably positively associated with "the number of sperm with PPD in a dose, million" and "the number of sperm with an intact acrosome, %". In this case, the correlations were at the level of r=0.6-0.8. "The number of sperm with abnormal morphology, %" positively correlated with "the proportion of live sperm, %" and with the "sperm survival at 38°C" parameter. Negatively strong reliable relationships were not established either for the values of genetic or paratypic correlations. Low heritability of sperm productivity parameters (0.039…0.112) indicates that the influence of genetics on these parameters is small. Among these parameters, the highest heritability coefficient was demonstrated by the parameter "sperm survival at 38°C" (0.322). In light of the analysis of sperm productivity as a complex of parameters, it can be stated that this system demonstrates significant stability and variability, which emphasizes the importance of taking into account various aspects when assessing sperm productivity.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Gillan L., Kroetsch T., Maxwell W.M. Ch., Evans G. Assessment of in vitro sperm characteristics in relation to fertility in dairy bulls // Animal Reproduction Science. — 2008. —Vol. 103. — Is. 3—4. — P. 201—214

2. Singh R.K., Kumaresan A., Chhillar Sh., Rajak Sh.K., Tripathi U.K., Nayak S., Datta T.K., Mohanty T.K., Malhotra R. Identification of suitable combinations of in vitro sperm-function test for the prediction of fertility in buffalo bull // Theriogenology. — 2016 Dec; 86(9):2263—2271. e1.

3. Chenoweth P. J. Genetic sperm defects // Theriogenology. — 2005. — Vol. 64. — Is. 3. — P. 457— 468.

4. Druet T., Fritz S., Sellem S., Basso B., Ge O., Salas-Cortes L., Humblot P., Druart X., Eggen A. Estimation of genetic parameters and genome scan for 15 semen characteristics traits of Holstein bulls // J. Anim. Breed. Genet., 126. — 2009. — P. 269—277.

5. Пыжова Е., Иванов Ю., Ескин Г. Влияние комплекса признаков на качество спермы быков-производителей // Молочное и мясное скотоводство. 2011. № 1. С. 22–23.

6. Нарышкина Е.Н., Сермягин А.А., Янчуков И.Н., Стрекозов Н.И., Зиновьева Н.А. Влияние генетических и паратипических факторов на качественные и количественные показатели спермы быков-производителей // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 4. С. 15-19.

7. Murphy E. M., Kelly A. K., O'Meara C., Eivers B., Lonergan P., Fair S. Influence of bull age, ejaculate number, and season of collection on semen production and sperm motility parameters in Holstein Friesian bulls in a commercial artificial insemination centre // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 96. Pp. 2408–2418. DOI: 10.1093/jas/sky130.

8. Estimation of genetic parameters and genome scan for 15 semen characteristics traits of Holstein bulls / T. Druet, S. Fritz, E. Sellem, et al. // J. Anim. Breed. Genet. 2009. Vol. 126. No. 4. P. 269–277

9. Berry D. P., Wall E., Pryce J. E. Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle // New Practices International Cow Fertility Conf. Ireland, Westport, 2014. Vol. 8. P. 105–121.

10. Suchocki T., Szyda J. Genome-wide association study for semen production traits in Holstein-Friesian bulls // Journal of Dairy Science. 2015. Vol. 98. No. 8. P. 5774–5780. doi: 10.3168/jds.2014-8951.

11. Overview of fertility traits in russian

holstein bulls using genome-wide association / A. A. Sermyagin, E. N. Naryshkina, E. A. Gladyr, et al. // Reproduction Fertility and Development. 2017. Vol. 29. No. 1. P. 176. doi: 10.1071/RDv29n1Ab132.
12. Genetic effects of PDGFRB and MARCH1 identified in GWAS revealing strong associations with semen production traits in Chinese Holstein bulls / Sh. Liu, H. Yin, C. Li, et al. // BMC Genetics [Электронный ресурс]. 2017. Vol. 18. Article 63 URL: https://bmcgenet. biomedcentral.com/articles/10.1186/s12863-017-0527-1. (дата обращения: 15.06.2020). doi: 10.1186/s12863-017-0527-1.
13. Genetics of bull semen characteristics in a multi-breed cattle population / D. P. Berry, B. Eivers, G. Dunne, et al. // Theriogenology. 2019. Vol. 123. No. 1. P. 202–208. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.10.006.
14. Time trends, environmental factors and genetic basis of semen traits collected in Holstein bulls under commercial conditions/ S. Karoui, C. Diaz, M. Serrano, et al. // J. Animal Reproduction Science. 2011. Vol. 124. Is. 1–2. P. 28–38. doi: 10.1016/ j.anireprosci.2011.02.008.
15. Угнивенко А.Н. К проблеме использования оценки мясных форм при селекции мясного скота // Вестник Брянской ГСХА. – 2015. – № 3–1. – С. 12-14.
16. Olsen H. B., Heringstad B., Klemetsdal G. Genetic analysis of semen characteristic traits in young Norwegian Red bulls // Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 103. P. 545 –555. doi: 10.3168/jds.2019-17291.
17. Genetic effects of PDGFRB and MARCH1 identified in GWAS revealing strong associations with semen production traits in Chinese Holstein bulls / Sh. Liu, H. Yin, C. Li, et al. // BMC Genetics [Электронный ресурс]. 2017. Vol. 18. Article 63 URL: https://bmcgenet. biomedcentral.com/articles/10.1186/s12863-017-0527-1. (дата обращения: 15.06.2020). doi: 10.1186/s12863-017-0527-1.
18. Genetics of bull semen characteristics in a multi-breed cattle population / D. P. Berry, B. Eivers, G. Dunne, et al. // Theriogenology. 2019. Vol. 123. No. 1. P. 202–208. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.10.006.
19. Suchocki T., Szyda J. Genome-wide association study for semen production traits in Holstein-Friesian bulls // Journal of Dairy Science. 2015. Vol. 98. No. 8. P. 5774–5780. doi: 10.3168/jds.2014-8951.
20. Нарышкина Е.А., Ермилов А.Н. Селекционно-генетические параметры признаков собственной продуктивности быков-производителей в разные возрастные периоды // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 44–49. doi: 10.28983/ asj.y2022i2pp44-49
21. Misztal I., Tsruta S., Strabel T. et. al. BLUPF90 and related programs (BGF90) // Proceedings of the 7th world congress on genetics applied to livestock production. Montpellier, 2002. Vol. 28 (27). Pp. 21–22.

REFERENCES

1. Gillan L., Kroetsch T., Maxwell W.M. Ch., Evans G. Assessment of in vitro sperm characteristics in relation to fertility in dairy bulls // Animal Reproduction Science. — 2008. —Vol. 103. -Is. 3-4. — P. 201— 214
2. Singh R.K., Kumaresan A., Chhillar Sh., Rajak Sh.K., Tripathi U.K., Nayak S., Datta T.K., Mohanty T.K., Malhotra R. Identification of suitable combinations of in vitro sperm- function test for the prediction of fertility in buffalo bull // Theriogenology. — 2016 Dec; 86(9):2263–2271. e1.
3. Chenoweth P. J. Genetic sperm defects // Theriogenology. - 2005. - Vol. 64. — Is. 3. — P. 457— 468.
4. Druet T., Fritz S., Sellem S., Basso B., Ge O., Salas-Cortes L., Humblot P., Druart X., Eggen A. Estimation of genetic parameters and genome scan for 15 semen characteristics traits of Holstein bulls // J. Anim. Breed. Genet., 126. - 2009. - P. 269-277.
5. Pyzhova E., Ivanov Yu. , Eskin G. Influence of a complex of traits on the quality of semen of breeding bulls // Dairy and meat cattle breeding. 2011. No. 1. P. 22–23.
6. Naryshkina E.N., Sermyagin A.A., Yanchukov I.N., Strekozov N.I., Zinovieva N.A. Influence of genetic and paratypic factors on qualitative and quantitative indices of semen of breeding bulls // Dairy and meat cattle breeding. 2017. No. 4. P. 15-19.
7. Murphy E. M., Kelly A. K., O'Meara C.,

Eivers B., Lonergan P., Fair S. Influence of bull age, ejaculate number, and season of collection on semen production and sperm motility parameters in Holstein Friesian bulls in a commercial artificial insemination centre // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 96. pp. 2408–2418. DOI: 10.1093/jas/sky130.

8. Estimation of genetic parameters and genome scan for 15 semen characteristics traits of Holstein bulls / T. Druet, S. Fritz, E. Sellem, et al. // J. Anim. Breed. Genet. 2009. Vol. 126.No. 4. pp. 269–277

9. Berry D. P., Wall E., Pryce J. E. Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle // New Practices International Cow Fertility Conf. Ireland, Westport, 2014. Vol. 8. P. 105–121.

10. Suchocki T., Szyda J. Genome-wide association study for semen production traits in Holstein-Friesian bulls // Journal of Dairy Science. 2015. Vol. 98.No. 8. P. 5774–5780. doi: 10.3168/jds.2014-8951.

11. Overview of fertility traits in Russian Holstein bulls using genome-wide association / A. A. Sermyagin, E. N. Naryshkina, E. A. Gladyr, et al. // Reproduction Fertility and Development. 2017. Vol. 29.No. 1. R. 176. doi: 10.1071/RDv29n1Ab132.

12. Genetic effects of PDGFRB and MARCH1 identified in GWAS revealing strong associations with semen production traits in Chinese Holstein bulls / Sh. Liu, H. Yin, C. Li, et al. // BMC Genetics [Electronic resource]. 2017. Vol. 18. Article 63 URL: https://bmcgenet. biomedcentral.com/articles/10.1186/s12863-017-0527-1. (access date: 06/15/2020). doi:10.1186/s12863-017-0527-1.

13. Genetics of bull semen characteristics in a multi-breed cattle population / D. P. Berry, B. Eivers, G. Dunne, et al. // Theriogenology. 2019. Vol. 123. No. 1. P. 202–208. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.10.006.

14. Time trends, environmental factors and genetic basis of semen traits collected in Holstein bulls under commercial conditions/ S. Karoui, C. Diaz, M. Serrano, et al. // J. Animal Reproduction Science. 2011. Vol. 124. Is. 1–2. P. 28–38. doi: 10.1016/j.anireprosci.2011.02.008.

15. Ugnivenko A.N. On the problem of using meat forms in beef cattle breeding // Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. - 2015. - No. 3-1. - P. 12-14.

16. Olsen H. B., Heringstad B., Klemetsdal G. Genetic analysis of semen characteristic traits in young Norwegian Red bulls // Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 103. P. 545 –555. doi: 10.3168/jds.2019-17291.

17. Genetic effects of PDGFRB and MARCH1 identified in GWAS revealing strong associations with semen production traits in Chinese Holstein bulls / Sh. Liu, H. Yin, C. Li, et al. // BMC Genetics [Electronic resource]. 2017. Vol. 18. Article 63 URL: https://bmcgenet. biomedcentral.com/articles/10.1186/s12863-017-0527-1. (access date: 06/15/2020). doi:10.1186/s12863-017-0527-1.

18. Genetics of bull semen characteristics in a multi-breed cattle population / D. P. Berry, B. Eivers, G. Dunne, et al. // Theriogenology. 2019. Vol. 123. No. 1. P. 202–208. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.10.006.

19. Suchocki T., Szyda J. Genome-wide association study for semen production traits in Holstein-Friesian bulls // Journal of Dairy Science. 2015. Vol. 98. No. 8. P. 5774–5780. doi: 10.3168/jds.2014-8951.

20. Naryshkina E.A., Ermilov A.N. Selection and genetic parameters of traits of own productivity of breeding bulls in different age periods // Agrarian scientific journal. 2022. No. 2. P. 44–49. doi: 10.28983/asj.y2022i2pp44-49

21. Misztal I., Tsruta S., Strabel T. et. al. BLUPF90 and related programs (BGF90) // Proceedings of the 7th world congress on genetics applied to livestock production. Montpellier, 2002. Vol. 28 (27). pp. 21–22.

УДК: 591.151:636.22
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.377

ПОЛИМОРФИЗМ АЛЛЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНОВ У ДОЙНЫХ КОРОВ, РАЗВОДИМЫХ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО И РАВНИННОГО ДАГЕСТАНА

Оздемиров А.А. – канд. биол. наук, зав. лабораторией геномных исследований, селекции и племенного дела (ORCID 0000-0003-2150-2192).

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»

*alim72@mail.ru

Ключевые слова: *аллельный полиморфизм, генотипирование, генотип, частота встречаемости, Дагестан.*
Keywords: *allelic polymorphism, genotype, frequency of occurrence, Dagestan.*

Поступила: 20.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В Республике Дагестан, где животноводство является ключевым направлением, молочные породы крупного рогатого скота, такие как красная степная и кавказская бурая, не исследовались с точки зрения генетической идентификации, что и послужило целью настоящих исследований. Вариации в генах *PIT-1*, *PRL* и *GH*, связанные с производительностью молока, могут дать важное понимание адаптации этих пород к различным экологическим условиям Дагестана — от равнин до гор и предгорий. Это также может раскрыть уникальные аллельные характеристики этих генов, что и является центральным в нашем исследовании. Для исследований использовалась ДНК, извлеченная из крови коров кавказской бурой породы, разводимых в условиях горной (n=74) и равнинной (n=28) вертикальной зональности, а также красной степной породы, разводимой в условиях равнинного Дагестана (n=52). Исследуемые популяции крупного рогатого скота были генотипированы методом полимеразно-цепной реакции – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ) на программируемом четырехканальном термоциклере «*Терцик*» фирмы «*ДНК-технология*» (Россия). Постановка полимеразно-цепной реакции (ПЦР) осуществлялась с использованием синтезируемых специфических праймеров. Изучение кавказской бурой породы КРС показало различия в генетических профилях особей, обитающих в разных экосистемах. В горных районах аллель гипофизарного фактора транскрипции *PIT-1A* встречается с частотой 0,10, в то время как аллель *PIT-1B* — с частотой 0,90. Напротив, в равнинных районах доля аллеля *PIT-1A* возрастает до 0,18, а *PIT-1B* снижается до 0,82. В горной зоне генотипы *PIT-1AA, PIT-1BB и PIT-1AB* составляют 2,0%, 82,0% и 16,0% соответственно. В равнинной зоне генотип *PIT-1AA* не наблюдается. Крупный рогатый скот, выращенный в определенных природных условиях, демонстрирует уникальные аллельные комбинации, которые являются результатом адаптации к местной среде. Полученные данные позволяют учитывать эти особенности и использовать в дальнейшей селекционной работе.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Исследование генетического материала местных пород скота, приспособившихся к условиям определенных регионов, критически важно для поддержания генетического разнообразия и последующего увеличения биоразнообразия. Выращиваемый в Дагестане крупный рогатый скот, за долгое время эволюции в разных природных зонах, прекрасно адаптировался к местным климатическим и природным условиям. Это касается животных как равнинных (красная степная порода), так и горных зон (кавказская бурая порода). Высокая адаптивность и способность к производству молочной продукции в экстремальных условиях делают молочный скот кавказской бурой и красной степной породы особенно востребованным [1,2]. Современные технологии в области генетики дают возможность производить миллионы копий гена. Это открывает новые горизонты не только для выявления основных генов, связанных с признаками, ценными для сельского хозяйства, но и для сбора, а также консервации генотипов с важным селекционным потенциалом в племенных популяциях [3,4].

Изучение гена *PRL* ценно для понимания связи генетических маркеров с характеристиками молока. Ген беталактоглобулина оказывает влияние на белковый состав молока, где аллель *B* связан с повышенным уровнем казеинов и жира, в то время как аллель *A* предрасполагает к большему количеству сывороточных белков. Пролактин, полипептидный гормон, производимый лактотропными клетками передней доли гипофиза, важен для роста молочных желез и процесса лактации. Его роль в улучшении производительности молока делает его ключевым кандидатом для изучения генетических аспектов молочной продуктивности.

Гормон роста (*GH* или соматотропин) играет ключевую роль в регулировании роста организма и метаболизма жиров. Некоторые исследования подчеркивают связь между генетическими вариантами этого гормона и продуктивными характеристиками, включая удои, жирность молока и вес животных.

Транскрипционный фактор *PIT-1*, относящийся к POU-доменным регуляторам, является центральным элементом в контроле экспрессии гормонов, таких как пролактин и соматотропин. Этот фактор влияет на дифференциацию и рост эндокринных клеток. Блокировка синтеза *PIT-1* приводит к уменьшению активности генов, ответственных за производство этих гормонов.

Полиморфизм в гене *PIT-1* может оказывать влияние на мясные и молочные показатели продуктивности, поскольку регулирует активность генов, отвечающих за секрецию пролактина и гормона роста. Это делает его потенциальным биомаркером этих свойств.

Изучение генетического разнообразия в сельскохозяйственных животных становится все более популярным в мире. В России, и особенно в Дагестане, где животноводство является ключевым направлением, молочные породы крупного рогатого скота, такие как красная степная и кавказская бурая, не исследовались с точки зрения генетической идентификации [5]. Вариации в генах *PIT-1*, *PRL* и *GH*, ассоциированные с молочной продуктивностью КРС, могут дать важное понимание адаптации этих пород к различным экологическим условиям Дагестана — от равнин до гор и предгорий [6,7]. Это также может раскрыть уникальные аллельные характеристики, что и является центральным в нашем исследовании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для исследований использовалась ДНК, извлеченная из крови коров кавказской бурой породы, разводимых в условиях горной (n=74) и равнинной (n=28) вертикальной зональности, а также красной степной породы, разводимой в условиях равнинного Дагестана (n=52). Исследуемые популяции крупного рогатого скота были генотипированы методом полимеразно-цепной реакции – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов

(ПЦР-ПДРФ) на программируемом четырехканальном термоциклере «*Терцик*» фирмы «*ДНК-технология*» (Россия). Постановка полимеразно-цепной реакции (ПЦР) осуществлялась с использованием синтезируемых специфических праймеров [8] (табл. 1).

Методом горизонтального гель-электрофореза при УФ-свете определялось число и длина фрагментов рестрикции с использованием эндонуклеаз в агарозном геле разной концентрации от 1,8 до 2,5 % после окрашивания этидием бромистым. Использовался стандартный коммерческий набор *M50* «*GenePakDNAMarkers*» (ISOGENELAB, Москва) в качестве маркера молекулярных масс.

Таблица 1 – Условия проведения ПЦР-ПДРФ анализа

Нуклеотидные последовательности	T° C, отжиг	Амплификат, (п.н.)	Эндонуклеаза	Замена нуклеотида	Генотип
GH					
F:5'-gct-gct-cct-gag-cct-tcg -3' *R:5'-gcggcggcacttcatgaccct-3'*	65	223	*AluI*	*C→A*	*VV/ VL/ LL*
PIT-1					
F:5'- caatgagaaagttggtgc -3' *R:5'-tctgcattcgagatgctc -3'*	55	660	*HinfI*	*A→G*	*AA/ AB/ BB*
PRL					
F:5'-cgagtccttatgagcttgattctt-3' *R:5'-gccttccagaagtcgtttgttttc -3'*	63	156	*RsaI*	*A→G*	*AA/AB/ BB*

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исследование генетического разнообразия в группе испытательных коров было выполнено с помощью методики ПЦР-ПДРФ. Анализ показал наличие аллелей в нескольких генах: - в гене гипофизарного фактора транскрипции (*PIT-1*) выявлены аллели *PIT-1A и PIT-1B*. — В случае пролактина (*PRL*) обнаружены разновидности *PRLA и PRLB*. — ген соматотропина (*GH*) содержит аллели *GHV и GHL*. Эти данные подтверждают полиморфную природу исследуемых генетических последовательностей в популяции коров.

Изучение кавказской бурой породы КРС показало различия в генетических профилях особей, обитающих в разных экосистемах. В горных районах аллель гипофизарного фактора транскрипции *PIT-1A* встречается с частотой 0,10, в то время как аллель *PIT-1B* — с частотой 0,90. Напротив, в равнинных районах доля аллеля *PIT-1A* возрастает до 0,18, а *PIT-1B* снижается до 0,82. Эти данные также отражаются в распределении генотипов среди популяций. В горной зоне генотипы *PIT-1AA, PIT-1BB и PIT-1AB* составляют 2,0%, 82,0% и 16,0% соответственно. В равнинной зоне генотип *PIT-1AA* не наблюдается; *PIT-1BB и PIT-1AB* присутствуют в соотношении 65,0% и 35,0% (табл.2).

После изучения генетического состава крупного рогатого скота породы красная степная обнаружено, что распределение аллелей и генотипов гена *PIT-1* (*PIT-1A и PIT-1B*) несёт в себе уникальные особенности. Данные показатели характеризуются почти равными долями в популяции. Процентное соотношение аллелей составляет 41% для *PIT-1A* и 59% для *PIT-1B*. Что касается генотипов, то их распределение таково: 23% приходится на *PIT-1AA*, 42% на *PIT-1AB* и 35% на *PIT-1BB*.

В популяции наблюдается доминирование аллеля *GHL* гормона роста с частотой 0,70, в то время как аллель GHV встречается значительно реже — его частота составляет всего 0,30. Генетический анализ выявил, что гомозиготы *GHLL* и *GHVV* составляют 60% и 21% соответственно, а гетерозиготы *GHLV* — 19%. Относительно гена пролактина, аллель *PRLA*

встречается гораздо чаще (с частотой 0,84), в сравнении с малочастотным аллелем *PRLB* (0,16). Это привело к такому распределению генотипов: гомозиготы *PRLAA* преобладают с частотой 73%, в то время как гетерозиготы *PRLAB* и гомозиготы *PRLBB* встречаются в 23% и 4% случаев соответственно.

В ходе исследования генетической структуры кавказских бурых пород были выявлены интересные особенности. Например, аллель *PRLA* встречается очень часто — его частота достигает 87% в равнинных районах. В то же время, присутствие аллеля *PRLB* оказалось значительно ниже — всего 13%. Это отражается и в распределении генотипов: *PRLAA* обнаружен в 80% случаев, *PRLAB*— в 15%, а *PRLBB* встречается лишь в 5% случаев среди животных равнинной зоны. Ситуация меняется в горной зоне, где аллель *PRLA* по-прежнему преобладает, но с частотой 75%. Аллель *PRLB* в этой зоне встречается чаще, чем на равнине — его частота равна 25%. Соответственно, генотип *PRLAA* здесь представлен в 54% случаев, *PRLAB*— в 42%, и только 4% приходится на *PRLBB*. Исследование показало, что частота аллелей и генотипов меняется в зависимости от конкретного гена и места обитания животных. В равнинных условиях аллели *GHV*и*GHL* встречаются с частотой 0,20 и 0,80 соответственно, в то время как в горах их распределение составляет 0,33 и 0,67. Что касается генотипов, то в равнинной местности найдено 20% *GHVV*, 80% *GHLL* и отсутствие *GHLV*. В горной местности соотношение генотипов отличается: 26% *GHVV*, 60% *GHLL* и 14% *GHLV*. Особенно интересно отмечать различия в появлении аллеля *PIT-1A*. В горах его частота в 1,8 раза ниже, чем на равнине. Гомозиготный генотип *PIT-1AA* в равнинной популяции не обнаружен, в то время как в горах он составляет 2%. Гетерозиготный генотип *PIT-1AB* встречается в 16% случаев в горных районах, что в два раза превышает показатель равнинных популяций. Таким образом, местность оказывает существенное влияние на генетический состав популяций.

Таблица 2 – Генотипы в исследуемых популяциях КРС

Параметры	*GH*			*PRL*			*PIT-1*		
	генотип								
	VV* (V)	LV	LL (L)	AA (A)	AB	BB* (B)	AA* (A)	AB	BB (B)
красная степная, (n=52)									
Частота аллеля	0,30± 0,04		0,70± 0,03	0,84± 0,05		0,16± 0,02	0,41± 0,03		0,59± 0,04
Частота генотипов, %	21,0	19,0	60,0	73,0	23,0	4,0	23,0	35,0	42,0
крупный рогатый скот кавказской бурой породы в горной зоне (n=74)									
Частота аллеля	0,33± 0,06		0,67± 0,06	0,75± 0,05		0,25± 0,07	0,10± 0,05		0,90± 0,05
Частота генотипов, %	26,0	14,0	60,0	54,0	42,0	4,0	2,0	16,0	82,0
крупный рогатый скот кавказской бурой породы в равнинной зоне (n=28)									
Частота аллеля	0,20± 0,06		0,80± 0,06	0,87± 0,05		0,13± 0,05	0,18± 0,06		0,82± 0,06
Частота генотипов, %	20,0	0	80,0	80,0	15,0	5,0	0	35,0	65,0

** Примечание: генотип GH^{VV*} - характеризуются более лучшими показателями по жиру, белку, а также высокими показателями удоя; генотип PRL^{BB*} - повышенным количеством в молоке белка и высокими коагуляционными свойствами; генотип $P1T\text{-}1^{AA*}$ - ассоциируется с показателями обильной молочности.*

Таблица 3 – Генетическая структура кавказской бурой и красно-степной пород по гену *PIT-1*

Показатель		Порода		
		кавказская бурая (равнина)	кавказская бурая (горы)	красная степная
PIT-1	гомозиготы (n)	15	61	34
	гетерозиготы (n)	13	13	18
	Hobs	0,538	0,190	0,548
	Hex	0,420	0,219	0,837
	χ^2	0,870	0,620	3,42
	Ca, %	70,5	82,0	51,6
	Na	1,42	1,22	1,94
	V, %	24,5	16,0	46,4
	ТГ	+0,12 Ф>Т	-0,03 Ф<Т	-0,29 Ф<Т

Примечание: Hobs – наблюдаемая гетерозиготность; Hex-ожидаемая гетерозиготность; χ^2 – хи-квадрат для определения генетического равновесия; Ca, % - степень гомозиготности; Na - количество эффективно действующих аллелей; V, % - показатели генетической изменчивости; ТГ - тест гетерозиготности.

Анализ показал, что аллель *PRLB* встречается в разных условиях с разной частотой. В горной зоне его присутствие в два раза выше (25%) по сравнению с равнинной (13%). Несмотря на это, процент гомозигот по генотипу*PRLBB* оставался схожим для обеих групп, составляя 5% и 4% соответственно. Заметное различие обнаружено в доле гетерозиготного генотипа *PRLAB*. В популяции равнинной зоны такие особи составляли всего 15%, в то время как в горах их было обнаружено в 2,5 раза больше — 42% (табл.2).

Проведенное исследование показало интересный факт: в популяции скота, обитающего в равнинах, наблюдается более низкая частота встречаемости аллеля *GHV* по сравнению с животными из горных районов. Данные показатели составили 0,20 и 0,33 соответственно. Кроме того, было выявлено, что в равнинном стаде отсутствуют особи с гетерозиготным генотипом *GHLV*.

Исследование показало, что генетические характеристики коров менялись в зависимости от конкретного гена и местности. Например, уровень однородности генов (гомозиготность) различался в зависимости от породы и условий содержания (табл.3).

В генах *PIT-1*, у красной степной породы гомозиготность была на нижнем уровне, составляя 51,6%, в то время как у коров кавказской бурой породы в горах этот показатель достиг 82%.

Исследование показало различия в генетическом разнообразии среди коров разных пород. В частности, в гене *PIT-1* красная степная порода демонстрировала высокое количество эффективных аллелей (1,94), в то время как у кавказской бурой породы это число было заметно ниже (1,22).

Изменчивость генетических локусов. Исследования показали, что уровень генетической вариативности в локусе гена *PIT-1* различается в зависимости от популяции коров. Наибольшая изменчивость (46,4%) зафиксирована у красной степной породы. В то время как у коров кавказской бурой породы, обитающих на равнине, этот показатель падает почти вдвое, составляя 24,5%. Наименьший уровень вариативности (16,0%) отмечен у животных той же породы, но живущих в горной местности. Обнаружено, что уровень генетического разнообразия, измеряемый как гетерозиготность гена *PIT-*

1, значительно выше у стад на низменности по сравнению с горными стадами.

Исследования показали уровень гетерозиготности у особей кавказской бурой породы. Индекс гетерозиготности варьировал от −0,03 до −0,56, что указывает на дефицит гетерозигот в популяции. Такие данные подтверждают уникальные особенности генетической структуры данной группы скота.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведённый анализ отражает специфику генетического состава крупного рогатого скота изучаемой породы и подчёркивает слабовыраженность гетерозиготности;

Крупный рогатый скот, выращенный в определенных природных условиях, демонстрирует уникальные аллельные комбинации, которые являются результатом адаптации к местной среде;

Использование передовых генетических методов позволяет улучшить продуктивные характеристики животных, сохраняя при этом особенности местных локальных пород.

POLYMORPHISM OF ALLELIC VARIANTS OF GENES IN DAIRY COW'S BREED IN THE CONDITIONS OF MOUNTAIN AND PLAIN DAGESTAN

Ozdemirov A.A. – PhD, Head of the Laboratory of Genomic Research, Selection and Breeding (ORCID 0000-0003-2150-2192).

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan»

*alim72@mail.ru

ABSTRACT

In the Republic of Dagestan, where livestock farming is a key area, dairy cattle breeds such as Red Steppe and Caucasian Brown have not been studied in terms of genetic identification. Variations in the PIT-1, PRL and GH genes associated with milk productivity can provide important insights into the adaptation of these breeds to various environmental conditions of Dagestan - from plains to mountains and foothills. This can also reveal the unique allelic characteristics of these genes, which is the central focus of our study. The DNA used for the study was extracted from the blood of Caucasian Brown cows bred in mountain (n=74) and foothill (n=52) vertical zonality, as well as the Red Steppe breed bred in the conditions of lowland Dagestan (n=52). The studied cattle populations were genotyped by the polymerase chain reaction method – restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) on a programmable four-channel thermal cycler "Tercik" of the company "DNA-technology" (Russia). The polymerase chain reaction (PCR) was carried out using synthesized specific primers. The study of the Caucasian brown cattle breed showed differences in the genetic profiles of individuals living in different ecosystems. In mountainous areas, the allele of the pituitary transcription factor PIT-1A occurs with a frequency of 0.10, while the allele PIT-1B - with a frequency of 0.90. On the contrary, in lowland areas, the proportion of the allele PIT-1A increases to 0.18, and PIT-1B decreases to 0.82. In the mountain zone, the genotypes PIT-1AA, PIT-1BB and PIT-1AB are 2.0%, 82.0% and 16.0%, respectively. In the plain zone, the genotype PIT-1AA is not observed. Cattle raised in certain natural conditions demonstrate unique allelic combinations that are the result of adaptation to the local environment. The data obtained allow us to take these features into account and use them in further breeding work.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Volkova V.V., Abdelmanova A.S., Deniskova T.E., Romanenkova O.S., Khozhokov A.A., Ozdemirov A.A., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. Investigation of the genetic diversity of dagestan mountain cattle using str-markers //Diversity. - 2022. Т. 14. № 7. С. 569.

2. Оздемиров А.А., Хожоков А.А., Гусейнова З.М., Даветеева М.А. Анализ поли-

морфизмов в генах, ассоциируемых с молочной продуктивностью у районированных пород крупного рогатого скота, выращиваемых в условиях республики Дагестан//Юг России:экология, развитие.2023.Т.18.№3(68).С.196-200.
3. Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Михайленко Т.Н. Оценка генетического потенциала молодняка молочного скота по маркерным генам CSN3, GH, PIT-1, PRL // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. N 6. С.40-47.
4.Селионова М.И., Чижова Л.Н., Михайленко А.К., Суржикова Е.С., Шарко Г.Н. Оценка адаптационной перестройки овец в разных условиях на основе биомаркеров // Вестник АПК Ставрополья. 2019. N 2(34). С. 19-25.
5. Селионова М.И., Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Шарко Г.Н., Михайленко Т.Н., Чудновец А.И. // Породные особенности аллельного профиля генов, контролирующих молочную продуктивность крупного рогатого скота // АгроЗооТехника. 2019. Т. 2. N 1. С. 3. DOI:10.15838/alt.2019.2.1.3
6. Зиновьева Н.А., Сермягин А.А., Доцев А.В., Боронецкая О.И., Петрикеева Л.В., Абдельманова А.С., Brem G. Генетические ресурсы животных: развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота – миниобзор // Сельскохозяйственная биология. - 2019. - Т.54. - N 4. - С.631-641.
7. Харламов А.В., Панин В.А., Косилов В.И. Повышение эффективности геномной селекции молочного скота. // Оренбург гос. аграр. ун-та. 2019. №3, с. 256-259,301,323-325.
8. Методические рекомендации по проведению ДНК-тестирования племенных животных субъектов племенного животноводства по генам, определяющим продуктивные качества. /сост. В.К. Пестис, О.А. Епишко и др. Гродно. ГГАУ. 2016. – 30 с.

REFERENCES

1. Volkova V.V., Abdelmanova A.S., Deniskova T.E., Romanenkova O.S., Khozhokov A.A., Ozdemirov A.A., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. Investigation of the genetic diversity of dagestan mountain cattle using str-markers // Diversity. - 2022. Vol. 14. No. 7. P. 569.
2. Ozdemirov A.A., Khozhokov A.A., Guseynova Z.M., Daveteeva M.A. Analysis of polymorphisms in genes associated with milk productivity in zoned cattle breeds raised in the Republic of Dagestan // South of Russia: ecology, development. 2023. Vol. 18. No. 3 (68). P. 196-200.
3. Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Mikhailenko T.N. Evaluation of the genetic potential of young dairy cattle by the marker genes CSN3, GH, PIT-1, PRL // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2020. N 6. P.40-47.
4. Selionova M.I., Chizhova L.N., Mikhailenko A.K., Surzhikova E.S., Sharko G.N. Evaluation of adaptive restructuring of sheep in different conditions based on biomarkers // Bulletin of the AIC of Stavropol. 2019. N 2 (34). P. 19-25.
5. Selionova M.I., Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Sharko G.N., Mikhailenko T.N., Chudnovets A.I. // Breed features of the allelic profile of genes controlling dairy productivity of cattle // AgroZooTechnika. 2019. Vol. 2. N 1. P. 3. DOI:10.15838/alt.2019.2.1.3
6. Zinovieva N.A., Sermyagin A.A., Dotsev A.V., Boronetskaya O.I., Petrikeeva L.V., Abdelmanova A.S., Brem G. Animal genetic resources: development of research on the allele pool of Russian cattle breeds - a minireview // Agricultural biology. - 2019. - Vol.54. - N 4. - P.631-641.
7. Kharlamov A.V., Panin V.A., Kosilov V.I. Improving the efficiency of genomic selection of dairy cattle. // Orenburg state agrarian University. un-ta. 2019. No. 3, pp. 256-259,301,323-325.
8. Methodical recommendations for conducting DNA testing of breeding animals of subjects of breeding livestock for genes that determine productive qualities. / Compiled by V.K. Pestis, O.A. Epishko et al. Grodno. GSU. 2016. 30 p.

УДК: 575.162
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.384

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕПРОДУКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗГОРОДНОМ СОДЕРЖАНИИ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ

Мусидрай А.А.[1*] – канд. биол. наук, отдел животноводства и рационального природопользования Арктики (ORCHID 0000-0002-0079-9938); **Южаков А.А.**[1] – д-р с.-х. наук, отдел животноводства и рационального природопользования Арктики (ORCHID 0000-0002-3584-8381); **Лайшев К.А.**[1] – д-р ветеринар. наук, отдел животноводства и рационального природопользования Арктики (ORCHID 0000-0003-2490-6942); **Никиткина Е.В.**[2] – канд. биол. наук., лаборатория биологии развития (ORCHID 0000-0002-8496-5277).

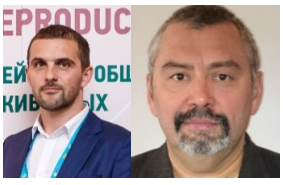
[1] Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург.
[2] Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Санкт-Петербург.

[*] 13linereg@mail.ru

Ключевые слова: *Арктика, северные олени, изгородное содержание, репродуктивные технологии, сперма, эмбрионы*
Keywords*: Arctic, reindeer, fence housing, reproductive technologies, sperm, embryos*

Финансирование: *Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки, проект FFZF-2022-0016.*

Поступила: 25.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ
Северное оленеводство – главная отрасль сельского хозяйства Арктической зоны РФ и форма традиционного природопользования народов Севера. Для сохранения и роста отрасли необходима государственная поддержка и развитие принципов традиционного хозяйствования с помощью биотехнологий. В статье рассмотрены перспективы использования репродуктивных технологий в изгородном содержании северных оленей. В северном оленеводстве в настоящее время не применяется ни одна из репродуктивных технологий, в отличие от других видов животноводства. Преимущества использования вспомогательных репродуктивных технологий в изгородном оленеводстве заключаются в том, что оленеводы получают потомство животных с благоприятными признаками и управляют размножением. Кроме того, разработка технологий работы со спермой и эмбрионами, создание банков крио-

консервированных биоматериалов, важны для возрождения находящихся под угрозой исчезновения подвидов и внутрипородных локальных генотипов. При изгородном содержании оленей есть возможность приучать животных к манипуляциям с искусственной вагиной или электроэякулятором. Вольное содержание северных оленей затрудняет идентификацию и фиксацию особей, наблюдение и отбор. При вольном содержании может проходить неконтролируемая случка, невозможность отделить выбранных особей, создать гаремы. Изгородное содержание позволит создавать необходимые группы (реципиенты, синхронизированные важенки, важенки под искусственной осеменение, хоры для получения спермы и т.д.) и пасти их отдельно, фиксировать, быстро находить необходимых животных и проводить манипуляции. Разделение на группы также позволит проводить гаремную случку с выбранными хорами и важенками Разработка и внедрение вспомогательных репродуктивных технологий в северном оленеводстве позволит интенсифицировать селекционный процесс и улучшить качество оленеводческой продукции.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Северное оленеводство представляет собой уникальное культурное наследие и хранилище традиционных знаний не только России, но и мирового уровня [1]. Вопреки сложившемуся в обществе стереотипу, это не только набор традиций, но и особый образ жизни, который включает в себя инновационные технологические приемы и новые практики [2]. Внедрение коралей – загонов для обработки и просчета оленей, раздельный выпас транспортного и плодового стада, ежегодная вакцинация и обработка оленей от инвазий, применение радиосвязи, снегоходов, электрогенераторов, новых синтетических материалов. Все это было внедрено в северное оленеводство в течение жизни нескольких поколений и сейчас уже воспринимается как неотъемлемая часть технологического процесса.

Одним из путей оптимизации тундрового выпаса оленей является перевод части животных на свободные лесные пастбища [2]. Отечественными учеными доказано, что в таежном оленеводстве изгородный выпас, является самой оптимальной системой содержания животных [3].

Переход к технологии изгородей и стационарных баз вместо круглогодичного кочевания на Кольском полуострове сопровождался «снегоходной революцией». Снегоход обеспечил возможность мобильного контроля за стадом. Последствия «снегоходной революции» для Кольских оленеводов оказались серьезными - изменение инфраструктуры хозяйства, практик выпаса, деятельностных схем и режима работы оленеводов, включая разделение труда по функционально-транспортному признаку [4].

Однако уровень развития вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) в северном оленеводстве значительно ниже, чем в других отраслях животноводства. Причины отсутствия прогресса в разработке и внедрении ВРТ в оленеводстве следующие:

отсутствие необходимости использовать процедуры для улучшения воспроизводства, поскольку, по данным различных исследователей вероятность наступления беременности достаточно высокая: от 90-95% [5] и до 100% [6];

низкий уровень доместикации оленей и сложности с применением ВРТ в работе оленеводов в условиях тундры и тайги [7];

осторожное отношение коренных народов к смене методов работы по воспроизводству стада.

Последнее десятилетие интерес к использованию биотехнологий в оленеводстве постепенно возрастает. Преимущества применения ВРТ у северных оленей описаны в обзоре Никиткиной и соавт. 2017 [7], Ropstad 2000 [8], и Rowell 2019 [9]. Повышение интереса к ВРТ связано в том числе с возрождением оленеводства в регионах, в которых за прошедшие после распада СССР годы поголовье оленей сократилось или полностью утрачено.

Существующие методы разведения северных оленей не обеспечивают необходимые темпы роста производства оленеводческой продукции [10].

В период с 2016 по 2019 год реализован совместный норвежско-российский проект по изучению отдельных оленеводческих регионов России «ReiGN in Russia». В рамках проекта в результате применения ВРТ заморожена сперма 14 хоров и получено in vitro 4 эмбриона на стадии бластоцисты, были получены новые знания об анатомии и физиологии органов репродукции самцов северного оленя [11].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Результаты работы основываются на аналитическом обзоре имеющихся исторических и современных источников, а также на собственных исследованиях авторов во время полевых работ в оленеводческих стадах в Ненецком и Ямало-Ненецком автономных округах, Таймырском муниципальном районе Красноярского края. Были использованы методы исторического и сравнительного анализов, структурного анализа, визуализации, систематизации, аналогии, обобщения. Работа выполнена в Санкт-Петербургском федеральном исследовательском центре РАН и Всероссийском научно-исследовательском институте генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиале ФИЦ ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (г. Санкт Петербург).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В зависимости от климатических условий, особенностей ландшафта, экономики и национальных особенностей ведения оленеводства, в оленеводческих регионах применяются следующие системы содержания домашних северных оленей: стадный управляемый выпас; (изгородное содержание; вольно-лагерное содержание; полувольное и комбинированное содержание [3]. В отличии от тундрового оленеводства летний выпас домашних северных оленей в таежной зоне затруднен, что обуславливает содержание небольших стад [3]

В условиях истощения пастбищ в тундровой и лесотундровой зонах, изгородное оленеводство может стать главной альтернативой вольному и полувольному таежному оленеводству [12].

Нами составлена обобщающая таблица, в которой представлены целесообразные методы и оптимальные возможности применения репродуктивных технологий в зависимости от способа содержания оленей (Таблица 1).

Таблица 1 – Оценка возможностей применения репродуктивных технологий в зависимости от способа содержания оленей

№	Репродуктивные технологии		Стадное (вольное) содержание	Изгородное содержание
1	Естественная случка		Возможно	Возможно
2	Получение спермы	Электроэякуляция без седации	Неприменимо	Возможно
		Электроэякуляция с седацией	Возможно только в лежачем положении	
		Искусственная вагина	Возможно при фиксации важенки	
		Эпидидимальная сперма из семенников	Возможно	
3	Искусственное осеменение	Свежей спермой	Возможно при фиксации важенки	Возможно
		Криоконсервированной спермой	Возможно при фиксации важенки	
4	Криоконсервация спермы		Возможно	Возможно
5	Пересадка эмбрионов		Неприменимо	Возможно в специально оборудованном помещении

Из данных таблицы видно, что при изгородном содержании оленей возможны все основные манипуляции, используемые при вспомогательных репродуктивных технологиях, а при вольном содержании животных отбор семени при помощи электроэякуляции, пересадка эмбрионов существенно ограничены.

Оценивая более подробно отдельные технологические операции, следует отметить, что преимущества использования ВРТ в изгородном оленеводстве заключаются в том, что оленеводы получают потомство животных с благоприятными признаками и управляют размножением. Кроме того, разработка технологий работы со спермой и эмбрионами, создание банков криоконсервированных биоматериалов, важны для возрождения находящихся под угрозой исчезновения подвидов и внутрипородных локальных генотипов. Стада, находящиеся в изгородях - ресурс для совершенствования и внедрения ВРТ.

Прежде чем станет возможным какой-либо отбор животных для повышения продуктивности, важно иметь систему идентификации животных, установления производителей и базу данных родословных.

Репродуктивные технологии включают в себя такие методы как получение спермы у производителей, искусственное осеменение, гормональная регуляция половых циклов и овуляции самок, получение и пересадка эмбрионов, криоконсервация яйцеклеток, спермы и эмбрионов, клонирование. В северном оленеводстве в настоящее время не применяется ни одна из репродуктивных технологий, в отличие от других видов животноводства.

Качество спермы производителя – важный элемент репродукции. Кроме требований, предусмотренных инструкцией по бонитировке необходимо исследовать качество эякулятов и проводить отбор самцов по качеству спермопродукции [13]. Получение спермы производителей при вольном содержании трудоемкий и опасный процесс. Это необходимость отбора из числа свободно пасущихся животных; сложности с приучением к забору спермы, невозможность систематического сбора эякулятов на протяжении гона; агрессивное поведение хоров во время гона.

Изгородное содержание животных дает ряд преимуществ. В первую очередь это возможность приучать животных к манипуляциям с искусственной вагиной (ИВ) или электроэякулятором (ЭЭ). А также систематизация сбора эякулятов для ИО, приготовления охлажденной и криоконсервированной спермы, формирование банка генетических ресурсов.

Основные способы получения эякулятов у северного оленя это:

- сбор спермы при помощи искусственной вагины (ИВ), который подразумевает наличие важенки в охоте;

- сбор спермы при помощи электроэякулятора (ЭЭ). Может применяться с седацией и без. Если необходимо получить эякулят у агрессивно настроенного хора, то потребуется седация. У спокойных самцов эякуляты получают без седации, жестко фиксируя животных к изгороди. Способ травмоопасен для прямой кишки животного, в случае резких движений есть шанс повреждения;

- выделение эпидидимальной спермы из придатков семенников после кастрации самцов или убоя животного, или отстрела, при получении спермы от диких северных оленей.

Ранее сообщалось об успешном применении охлажденной спермы северного оленя для искусственного осеменения. В 1999 Вахтиала и др. проводили осеменение свежей разбавленной спермой. У пяти из 12 самок, оплодотворенных трансвагинальным путем, была подтверждена беременность, и они родились следующей весной [14]. Отсутствие опыта в применении данной технологии связано с коротким сроком хранения охлажденного эякулята. Данная технология нашла широкое применение в других видах животноводств, охлаждение спермы может стать альтернативой криоконсервации на короткий срок.

Криоконсервация спермы позволяет ее

долговременно хранить, транспортировать на дальние расстояния и использовать после смерти производителя. Однако этот метод требует наличие криогенного оборудования и жидкого азота. Искусственное осеменение возможно проводить только при изгородном содержании, фиксируя и синхронизируя половую охоту и овуляцию у важенок. Криоконсервация спермы также возможна и при получении спермы при вольном содержании, но использование такой спермы ограничено.

Необходимо четкое выявление охоты у важенки. При вольном содержании провести искусственное осеменение возможно, при определении охоты и фиксации важенки, однако проследить его результативность проблематично. Важенка может прийти в охоту и быть покрыта хором.

Получение и пересадка эмбрионов животных позволяет получать больше потомков от ценных матерей. Известно только об одном случае успешной хирургической пересадки эмбрионов, полученных *in vivo*, у северных оленей [15]. Три эмбриона на стадии были вымыты и пересажены в матку двух реципиентов северных оленей. Беременность одного реципиента была диагностирована при ультразвуковом исследовании через 60 дней после пересадки. Она родила самца через 212 дней после пересадки. На сегодняшний день нет сведений об успешной криоконсервации эмбрионов северных оленей. Есть попытки получения эмбрионов северных оленей in vitro [15]. Использовался протокол для крупного рогатого скота и было получено 2 морулы.

Гормональная подготовка и отбор реципиентов у северных оленей возможны только при изгородном содержании. А процесс хирургического вымывания и пересадки только в специально оборудованном помещении.

Синхронизация половой охоты важенок позволяет не только стимулировать животных для искусственного осеменения и трансплантации эмбрионов, но и получать телят в определенный, благоприятный период года [14]. Гормональная обработка и разделение групп важенок необходимо делать в отдельных загонах. Конечно возможно провести синхронизацию охоты и привольном содержании, но результаты эффективности будут с трудом зафиксированы.

Исследования по выявлению беременности у северных оленей показали, что метод трансректального УЗИ позволяет с точностью до 92 % диагностировать беременность на 6 неделе беременности [14] и с точностью 99,5 % на 7-16 неделе [15]. Однако, для проведения УЗИ животные должны быть хорошо зафиксированы в прижимном станке что сложнее сделать при вольном содержании и невозможности приучать животных к этой манипуляции.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В заключении следует сказать, что возможности использования современных репродуктивных технологий в домашнем северном оленеводстве практически не изучено. Это связано с тем, что северные олени в больше части выпасаются, вдали от населенных пунктов, в сложных природно-климатических условиях, следует отметить инерционность отрасли на различные инновации, что связано с традиционными особенностями. Однако, перспективность применения репродуктивных технологий в оленеводстве очевидна. Однозначно, вышеуказанные технологии будут востребованы при проведении углубленной селекционно-племенной работе, при сохранении и восстановлении исчезающих, а также поддержании замкнутых популяций.

Несомненно, при изгородном содержании животных разработка и внедрение **современных** репродуктивных технологий перспективнее. Вольное содержание северных оленей затрудняет идентификацию и фиксацию особей, наблюдение и отбор, что ограничивает применение ВРТ. При вольном содержании может проходить неконтролируемая случка, невозможность отделить выбранных особей, создать гаремы. Изгородное содержание позволит создавать необходимые группы (реципиенты, синхронизированные ва-

женки, важенки под ИО, хоры для получения спермы и т.д.) и пасти их отдельно, фиксировать, быстро находить необходимых животных и проводить манипуляции. Разделение на группы также позволит проводить гаремную случку с выбранными хорами и важенками, подбирать нагрузку на самца, важенок под конкретного самца и с помощью синхронизации половой охоты управлять сроками отела. При искусственном осеменении изгородь позволит отделить важенок от самцов и исключить не контролируемую случку. Разработка и внедрение вспомогательных репродуктивных технологий в северном оленеводстве позволит интенсифицировать селекционный процесс и улучшить качество оленеводческой продукции.

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF REPRODUCTIVE TECHNOLOGIES IN FENCE KEEPING OF REINDEER

Musidray A.A.[1]* – cand. Biol. sciences, Department of Animal Husbandry and Rational Nature Management of the Arctic (ORCHID 0000-0002-0079-9938); **Yuzhakov A.A**.[1] – Doctor of Agricultural Sciences, Department of Animal Husbandry and Rational Nature Management of the Arctic (ORCHID 0000-0002-3584-8381); **Laishev K.A.**[1] – Doctor of Veterinary Sciences, Department of Animal Husbandry and Rational Nature Management of the Arctic (ORCHID 0000-0003-2490-6942); **Nikitkina E.V.**[2] – cand. Biol. nauk., Laboratory of Developmental Biology (ORCHID 0000-0002-8496-5277).

[1] St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg.

[2] All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L. K. Ernst", St. Petersburg.

* 13linereg@mail.ru

Funding: *The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science, project No. FFZF-2022-0016*

ABSTRACT

Reindeer husbandry is the main branch of agriculture in the Arctic zone of the Russian Federation, and a form of traditional environmental management of the North peoples. To preserve and grow the industry, government support and the development of the principles of traditional management with the help of biotechnology are necessary. The article discusses the prospects for using reproductive technologies in fence keeping of reindeer. In reindeer breeding, none of the reproductive technologies are currently used, unlike other types of animal husbandry. The advantages of using assisted reproductive technologies in fenced reindeer herding are that reindeer herders obtain offspring of animals with favorable characteristics and manage reproduction. In addition, the development of technologies for working with sperm and embryos, the creation of cryopreserved biomaterial banks are important for the revival of endangered subspecies and intrabreed local genotypes. When keeping reindeer in a fenced area, it is possible to accustom animals to manipulations with an artificial vagina or electroejaculator. Free-range keeping of reindeer complicates the identification and fixation of individuals, observation and selection. With free-range keeping, uncontrolled mating may occur, it is impossibility of separating selected individuals, and creating harems. Fence keeping will allow to create necessary groups (recipients, synchronized females, females for artificial insemination, males for sperm extraction, etc.) and graze them separately, fix them, quickly find the necessary animals and carry out manipulations. Division into groups will also allow to carry out harem mating with selected males and females. Development and implementation of assisted reproductive technologies in northern reindeer herding will allow to intensify the selection process and improve the quality of reindeer products.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Калитин Р.Р. Современное состояние, проблемы северного домашнего оленеводства и пути их решения / Калитин Р.Р. // Российская Арктика – 2021. – Т. 15 – С.28–39. DOI:10.24412/2658-4255-2021-4-28-39

2.Южаков А.А. Особенности организации изгородного содержания северных оленей в лесной зоне Тюменского Севера / Южаков А.А., Зуев С.М. Елсаков В.В., Лайшев К.А. // Аграрный вестник Урала – 2023. – Т. 23 – № 10 – С.103–113. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-103-113

3.Зуев С.М. О перспективах полувольного и изгородного содержания домашних северных оленей в Ямало-Ненецком автономном округе / Зуев С.М. – г. Омск: типография «Золотой тираж», 2022. – 174с.

4.Абрамов И.В. Оленеводы Кольской тундры: Локальные особенности снегоходной революции / Абрамов И.В. // Уральский исторический вестник – 2015. – Т. 2 – С.26–32.

5.Laaksonen S. Tunne poro - poron sairaudet ja terveydenhuolto. (The diseases and health care of reindeer, in Finnish) / Laaksonen S. - Riga, Latvia: Wazama Media Ltd., 2016. – 367 c. ISBN: 978-952-68016-1-2

6.Tyler N.J.C. Fertility in female reindeer: the effects of nutrition and growth / Tyler N.J.C. // Rangifer – 1987. – Т. 7 – № 2 – С.37. https://doi.org/10.7557/2.7.2.714

7.Никиткина Е.В. Репродуктивные технологии в оленеводстве: проблемы и перспективы использования. / Никиткина Е.В., Гончаров В.В., Крутикова А.А., Сергеева О.К., Мусидрай А.А. Племяшов К.В. // Генетика и разведение животных – 2017. – Т. 1 – С.10–14.

8.Ropstad E. Reproduction in female reindeer / Ropstad E. // Animal Reproduction Science – 2000. – Т. 60–61 – С.561–570 https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00) 00100-7

9.Rowell, J.E., Blake J.E. Rangifer reproductive physiology / S.J. Tryland, M., Kutz. (Eds.), Reindeer and Caribou. Health and Disease (1st ed.)//, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton. - 2019. - C. 69 –78.

10.Лайшев К. А. Забродин В.А. Проблемы ветеринарного благополучия по инфекционным болезням в Северном оленеводстве / Лайшев К. А. Забродин В.А. // Животноводство – 2012. – Т. 1 – С.36–40.

11.Holand O. Nordic-Russian Cooperation Programme in Education and Research / Holand O. 2018. https://www.nordforsk.org/projects/reign-russia

12.Зуев С.М. Оленеводство в Ямало-ненецком автономном округе: перспективы и проблемы / Зуев С.М. // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа – 2015. – Т. 3 – С.103–107.

13.Никиткина Е.В. Г.В.В. Стимуляция половой охоты у северных оленей эвенкийской и ненецкой пород / Никиткина Е.В. Г.В.В. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии – 2014. – Т. 3 – С.134–137.

14.Vahtiala S. Ultrasonography in early pregnancy diagnosis and measurements of fetal size in reindeer (Rangifer tarandus tarandus) / Vahtiala S., Säkkinen H., Dahl E., Eloranta E., Beckers J.F., Ropstad E. // Theriogenology – 2004. – Т. 61 – № 4 – С.785–795. doi: 10.1016/s0093-691x(03) 00253-x

15.Savela H. Comparison of accuracy of ultrasonography, progesterone, and pregnancy-associated glycoprotein tests for pregnancy diagnosis in semidomesticated reindeer / Savela H., Vahtiala S., Lindeberg H., Dahl E., Ropstad E., Beckers J.F., Saarela S. // Theriogenology – 2009. – Т. 72 – № 9 – С.1229–1236. doi: 10.1016/ j.theriogenology.2009.07.018

REFERENSES

1.Kalitin R.R. Current state, problems of northern domestic reindeer husbandry and ways to solve them / Kalitin R.R. // Russian Arctic – 2021. – Т. 15 – P.28–39. DOI:10.24412/2658-4255-2021-4-28-39

2.Yuzhakov A.A. Features of the organization of fence keeping of reindeer in the forest zone of the Tyumen North / Yuzhakov A.A., Zuev S.M. Elshakov V.V., Laishev K.A. // Agrarian Bulletin of the Urals - 2023. - T. 23 - No. 10 - P.103–113. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-103-113

3.Zuev S.M. On the prospects of semi-free and fenced keeping of domestic reindeer in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug / Zuev S.M. – Omsk: printing house "Golden Edition", 2022. – 174c.
4.Abramov I.V. Reindeer herders of the Kola tundra: Local features of the snowmobile revolution / Abramov I.V. // Ural Historical Bulletin – 2015. – T. 2 – P.26–32.
5.Laaksonen S. Tunne poro - poron sairaudet ja terveydenhuolto. (The diseases and health care of reindeer, in Finnish) / Laaksonen S. - Riga, Latvia: Wazama Media Ltd., 2016. – 367 c. ISBN: 978-952-68016-1-2
6.Tyler N.J.C. Fertility in female reindeer: the effects of nutrition and growth / Tyler N.J.C. // Rangifer – 1987. – T. 7 – № 2 – C.37. https://doi.org/10.7557/2.7.2.714
7.Nikitkina E.V. Reproductive technologies in reindeer husbandry: problems and prospects for use. / Nikitkina E.V., Goncharov V.V., Krutikova A.A., Sergeeva O.K., Musidray A.A. Plemyashov K.V. // Genetics and animal breeding – 2017. – T. 1 – P.10–14
8.Ropstad E. Reproduction in female reindeer / Ropstad E. // Animal Reproduction Science – 2000. – T. 60–61 – C.561–570 https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00100-7
9.Rowell, J.E., Blake J.E. Rangifer reproductive physiology / S.J. Tryland, M., Kutz. (Eds.), Reindeer and Caribou. Health and Disease (1st ed.)//, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton. - 2019. - C. 69 –78.
10.Laishev K. A. Zabrodin. V. A. Problems of veterinary welfare in relation to infectious diseases in reindeer husbandry / Laishev K. A. Zabrodin V. A. // Animal husbandry – 2012. – T. 1 – P.36–40.
11.Holand O. Nordic-Russian Cooperation Program in Education and Research / Holand O. 2018. https://www.nordforsk.org/projects/reign-russia
12.Zuev S.M. Reindeer husbandry in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug: prospects and problems / Zuev S.M. // Scientific Bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug - 2015. - T. 3 - P.103–107.
13.Nikitkina E.V. G.V.V. Stimulation of sexual heat in reindeer of the Evenki and Nenets breeds / Nikitkina E.V. G.V.V. // Issues of legal regulation in veterinary medicine – 2014. – T. 3 – P.134–137.
14.Vahtiala S. Ultrasonography in early pregnancy diagnosis and measurements of fetal size in reindeer (Rangifer tarandus tarandus) / Vahtiala S., Säkkinen H., Dahl E., Eloranta E., Beckers J.F., Ropstad E. // Theriogenology – 2004. – T. 61 – № 4 – C.785–795. doi: 10.1016/s0093-691x(03)00253-x
15.Savela H. Comparison of accuracy of ultrasonography, progesterone, and pregnancy-associated glycoprotein tests for pregnancy diagnosis in semidomesticated reindeer / Savela H., Vahtiala S., Lindeberg H., Dahl E., Ropstad E., Beckers J.F., Saarela S. // Theriogenology – 2009. – T. 72 – № 9 – C.1229–1236. doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.07.018

УДК: 636.2.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.392

ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ СПОСОБНОСТИ ТЕЛОК С УЧЕТОМ ИХ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В МОЛОЧНЫЙ ПЕРИОД РАЗВИТИЯ

Абилов А.И.[1*] – д-р биол. наук, проф., гл. науч. сотр. лаб. клеточной инженерии, заслуженный деятель науки РФ; **Племяшов К.В.**[2] – д. ветеринар. наук, проф., член-корреспондент РАН; **Козменков П.Л.**[3] – руководитель научного отдела; **Иолчиев Б.С.**[1] – д-р биол. наук, вед. науч. сотр. лаб. клеточной инженерии; **Устименко А.В.**[1] – аспирант.

[1] ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»;
[2] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»;
[3] ООО «АЛЬТА НН».

[*]ahmed.abilov@mail.ru

Ключевые слова: *телята, разделенное по полу семя, молочный период, диарея, заболевание дыхательной системы, воспроизводство.*

Key words: *calves, sexed semen, lactation period, diarrhea, respiratory disease, reproduction.*

Поступила: 03.06.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Работа выполнена в лаборатории клеточной инженерии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, на базе ООО «Агрофирма Заря» Богородского района Нижегородской области, в стадах с молочной продуктивностью 8100 кг молока за лактацию, в период 2017-2021 гг. В опыте были изучены воспроизводительные способности 495 телочек. В зависимости от способа заготовки семени, телят разделили на две группы: I группа (n=244) – телята, полученные от семени, заготовленного традиционным способом (ТЗС); II группа (n=251) – телята, которые были получены от осеменений семенем, разделенным по полу (РПС). За состоянием здоровья телят проводили наблюдение в течение молочного периода, начиная с рождения и до двухмесячного возраста. Учитывали заболевания желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и заболевания дыхательной системы (ЗДС). Все данные были обработаны статистически с использованием компьютерных программ Microsoft Office Excel. Изучали средние показатели (M), ошибки (m), вариабельность (min-max). Достоверность считали по критерию t-Стьюдента. Установлено, что за период наблюдения 80,8% телят были здоровыми, в том числе во II группе – 78,5%, в I группе – 83,2%, частота встречаемости заболеваний ЖКТ в I группе составила 10,9%, ЗДС – 8,3%, во II группе данные показатели составили 12,4% и 9,2% соответственно. Плодотворное осеменение произошло в среднем у 52,8% тёлочек, в том числе в I группе – 56,7%, во II группе – 48,7%. Аборты в I группе зарегистрированы у 5,1%, во II – у 3,5% животных.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Использование промышленной технологии и развития животноводства сопровождается повышением риска распространения и обострения инфекционных заболеваний животных дойного стада, снижением устойчивости к неблагоприятным факторам производственной среды [1-3].

Поддержание здоровья животных имеет основополагающее значение для продуктивной безопасности населения.

Известно, что на состояние здоровья молочного скота и телят больше всего влияет нарушение требований промышленной технологии, например молодняк отделяется от матерей почти сразу после рождения или коров осеменяют как можно раньше и чаще для увеличения рождаемости и, впоследствии этого, надоев. Такая практика вызывает физический стресс и нарушается иммунная защита у коров и в конце концов приводит к снижению жизнеспособности новорожденных телят [4].

По данным Ackermann M.R., Derscheid R., Roth JA. (2010) ранняя внутриутробная и неонатальная смертность телят является одной из основных причин экономического риска и увеличения производственных затрат. В транзитный период у коров молочных пород наблюдаются нарушения в системах регуляции, иммунитета и обмена веществ, которые способствуют уязвимости коров к различным инфекционным заболеваниям, сокращая длительность продуктивной эксплуатации.

Использование качественного молозива имеет решающее значение для сохранности молодняка в молочный период и дальнейшего успешного его выращивания [6,7]. Некачественное молозиво связано с повышением заболеваемости и смертности в ранний период развития.

Молозиво крупного рогатого скота состоит из смеси секрета молочной железы и компонентов крови, в первую очередь иммуноглобулинов и других белков сыворотки. Известно также, что иммуноглобулины составляют большую часть белка в сыворотке крови новорождённых телят [8].

Врожденная иммунная система у жвачных животных обладает уникальными особенностями, которые способствуют устойчивости рубцового микробиома и резистентности в легких, кишечном тракте, молочной железе к возбудителям бактериальных инфекций. Изменения иммунной защиты, связанные с микробиомом, наблюдаются в кишечнике систематически: во время стресса, транспортировки, резких изменений в рационе, которые вызывают дисбактериоз кишечника [9].

По данным Benedictus et al. (2012) у коров, по мере приближения отёла, снижается суточное потребление кормов примерно на 30%, это совпадает с повышением уровня противовоспалительных цитокинов. Если корова (дойная) не потребляет достаточного количества питательных веществ для удовлетворения возросшей потребности в нутриентах, то происходит подавление иммунной функции и возникает плохо контролируемое воспаление [10].

Молочные телята необходимы для ремонта дойного стада. Защита организма телят в первые дни жизни осуществляется путем пассивного иммунитета. Пассивный иммунитет у телят оценивают путём количественного определения уровня сывороточных IgG или общего белка в течение первых семи дней жизни. Анализ транскриптома и иммунного статуса показал, что у молочных телят наблюдается всплеск экспрессии противовоспалительных цитокинов, а у сосущих мясных телят экспрессия генов, связанных со созреванием гуморального иммунитета, увеличивается лишь к седьмому дню после рождения [11].

Surlis C. et al. (2018) показывают, что молозиво обеспечивает новорожденных телят основными питательными веществами и пассивной защитой организма в первые дни после рождения. Компоненты молозива включают в себя казеин, лактоферрин, белки молочной сыворотки и лактопероксидазу, а также эпителиальные

и иммунные клетки (макрофаги, Т- и В-лимфоциты). Эти клетки преодолевают неонатальный кишечный барьер и заселяют периферические и центральные лимфоидные ткани, таким образом способствуя развитию иммунитета у телят [12].

Петров Е.Б. и др. (2007) показывают, что теленок должен получить первую порцию молозива в течение первого часа после рождения, как только он начнет дышать. При задержке времени выпойки компенсировать упущенное уже невозможно. Количество молозива при разовой даче, по утверждениям авторов, не должно превышать объем желудка, то есть 5 % от массы теленка [13].

В связи с этим некоторые исследователи предлагают кормить новорожденных телят в течении пяти дней молозивом. По мнению этих авторов пятидневное кормление телят молозивом положительно влияет на показатели неспецифического гуморального иммунитета и биохимические показатели сыворотки крови [14]. Абилов А.И. и др. (2019) предлагают для выпаивания телят использовать витаминную эмульсию (ВИТЭМ) в течение первых десяти дней жизни, которая улучшает состояние телят после рождения и способствует повышению сохранности в молочный период до 95-98% [7].

По данным Liebler-Tenorio E.M.et al. (2002) молозиво помимо выше сказанного еще содержит сильнодействующие биологически активные компоненты, стимулирующие рост и противодействующие патогенам – противовоспалительные цитокины. Они усиливают функцию лимфоцитов и способствуют развитию у молодняка кишечной иммунной системы. Цитокины в молозиве способствуют выработке секреторного IgA [15].

Furman-Frątczak K. et al. (2011) изучали влияние концентрации колострального иммуноглобулина в сыворотке крови телят на их здоровье и рост. Авторы показывают, что основные причины низкого уровня выработки пассивного иммунитета FPT (failure of passive transfer) являются дистоция и малый объём выпаиваемого молозива. Установлено, что телята, рождённые от первотелок, подвергались большей опасности, чем телята, рождённые от коров, старше второй лактации. Низкая заболеваемость была зафиксирована у тёлок с концентрацией иммуноглобулина в сыворотке крови более 10 г/л через 30-60 часов после отела. Эти телята оставались здоровыми до 14 дней жизни, имели лучшее состояние здоровья и быстрее достигали живой массы тела, которая позволила провести первое осеменение раньше, чем переболевшим [16].

По данным этих же авторов в период наблюдения, диарея наблюдалась у 36,6% телят, а инфекции дыхательных путей наблюдались реже, на уровне 13,7% [16].

По мнению Петрова Е.Б. и др. (2007) телята, которые в первые два месяца развиваются интенсивно, при одинаковых условиях кормления и содержания достигают физической зрелости значительно раньше, чем телята, чей рост был замедлен из-за проблем со здоровьем в молочный период. Животные, которые в начальный период роста перенесли какое-либо заболевание, несмотря на возможность последующей компенсации, никогда не догоняют сверстников, росших здоровыми [13].

Некоторые исследователи отмечают, что достоверность различий в скорости роста телят первые 6 месяцев жизни не было зафиксировано. Средняя скорость роста в этот период составляет 640 г/сутки. Статически значимые различия в скорости роста возникали только начиная с 8-ми месячного возраста. В 12-15 месяцев жизни тёлки демонстрируют наибольший рост, в группе, где не было осложнений в молочный период.

У тёлок с уровнем γ-глобулина в сыворотке крови больше 10 г/л, после пассивного переноса, меньше регистрировали различные заболевания. Они быстрее достигали живой массы, необходимой для первого осеменения. Для того, чтобы концентрация IgG в сыворотке крови у телят была выше 10 г/л, необходимо, чтобы порция молозива содержала не менее 200 грамм иммуноглобулинов [17,18].

Интенсивность роста при выращива-

нии телят должна быть максимально высокой. Это особенно важно в первые дни жизни, поскольку именно в этот период в теле новорождённых животных образуются новые клетки, и э тот физиологический период развития в значительной степени определяет последующую продуктивность.

Именно первые недели жизни имеют решающее значение для развития внутренних органов. Однако высокая интенсивность развития должна обеспечиваться не только ростом тела и органов, но также и увеличением жировых резервов.

Эти выводы полностью соответствуют данным Амерханова Х.А. и др., (2012), показывающие, что телята, заболевшие в молочный период диареей, по всем показателям: - жизнеспособности, роста, развития, воспроизводительной способности и уровня лактации после первого отёла - на статически достоверном уровне отстают от своих сверстниц, не болевших в молочный период [19].

На основании вышеизложенного обзора литературных данных отечественных и зарубежных авторов назрела необходимость изучить состояние телят в молочный период и их взаимосвязь с воспроизводством, с учётом использования семени для искусственного осеменения, заготовленного разными способами.

Цель исследования – изучить воспроизводительные способности телок, полученных от семени, заготовленного разными способами, с учётом их заболеваемости в молочный период в условиях Нижегородской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проведено в лаборатории клеточной инженерии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, на базе ООО «Агрофирма Заря» Богородского района, Нижегородской области, в стадах с молочной продуктивностью 8100 кг молока за лактацию, в период 2017-2021 гг.

Всего в опыте были изучены 495 телочек голштинской породы. Телята были получены с помощью семени, заготовленного разными способами. В зависимости от заготовки семени телят разделили на две группы. В первую группу попали телята, родившиеся от семени, заготовленного традиционным способом (ТЗС) в количестве 244 головы. Во вторую группы попали телята, которые были получены от осеменений разделенным по полу семенем (РПС) в количестве 251 голова.

За состоянием телят проводили контроль в течение молочного периода, начиная с рождения до двухмесячного возраста, с учётом заболеваний ЖКТ, а также ЗДС. Телята, заболевшие в этот период, получили курс лечения с принятыми протоколами данного хозяйства.

В дальнейшем у этих же телят, после выращивания, изучались воспроизводительные способности в сравнительном аспекте, с учётом заболеваемости и способа заготовки семени, используемого при искусственном осеменении по следующим показателям: стельность от одного осеменения, число не осемененных (не ставших стельными), аборт, стельность с учётом абортов и полученных тёлочек, в зависимости от способа заготовки семени.

Все данные были обработаны статистически с использованием компьютерных программ Microsoft Office Excel. Изучали средние показатели (M), ошибки (m), вариабельность (min-max). Достоверность считали по критерию t-Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Нами изучено состояние телят, полученных от семени, заготовленного разными способами. В опыте было всего 495 телят, их распределили по группам. В I группе находились телята, полученные от традиционно заготовленного семени (ТЗС) – 244 головы (49,3%), а во II группе телята, полученные от разделенного по полу семени (РПС) – 251 голова (50,7%). Данные представлены в таблице 1.

Анализ таблицы 1 показывает, что в двух группах было практически равное количество телят 49,3 и 50,7%, учтенных в молочный период по состоянию здоровья. Всего было учтено 495 телят, из них 81% проходили развитие в молочный период без каких-либо осложнений по здо-

ровью. Остальные 19,3% телят заболели по данным ветеринарной службы хозяйства: 11% заболеваниями ЖКТ и 8,3% заболеваниями дыхательной системы.

Анализ показателей в зависимости от способа замораживания семени показал, что во II группе, где телята родились от разделенного по полу семени (РПС), болели на 4,7% больше с отмеченной достоверностью на уровне P<0,1. Отмечено, что во II группе заболевания телят по ЖКТ на 2,9% и ЗДС на 1,8% было больше, чем в I группе.

В дальнейшем изучали воспроизводительные способности этих же телят по результатам искусственного осеменения, в зависимости от болезней в молочном периоде и способа заготовки семени, использованного для их получения (таблице 2).

Таблица 1 – Состояние здоровья телят в молочный период, полученных от семени разных способов заготовки

Показатели	Всего		из них здоровые		заболевания		
	n	% M+m	n	% M+m	всего	ЖКТ (диарея)	ЗДС (заболевания дыхательной системы)
					% M+m	% M+m	% M+m
Всего	495	100,0	400	80,8±1,2	19,2±1,2	10,9±1,0	8,28±0,9
I группа ТЗС	244	49,3±1,6	203	83,2±1,9	16,8±1,7	9,43±1,3	7,38±1,2
II группа РПС	251	50,7±2,2	197	78,5±1,8*	21,5±1,8*	12,35±1,5	9,16±1,3
Разница, %	—	—	—	4,7	4,7	2,92	1,78

*p<0,05.

Таблица 2 – Результаты искусственного осеменения телок, не заболевших в молочный период, в зависимости от способа заготовки криоконсервированного семени

группы	Кол-во здоровых телят, n	Воспроизводительные способности				
		стельность от одного осеменения		не осемененные**	аборт	стельные+аборт
		n	% M+m	% M+m	% M+m	% M+m
I группа ТЗС	203	115	56,6±2,5	39,9±2,4	3,4±0,9	60,1±2,4
II группа РПС	197	96	48,7±2,5*	46,2±2,5*	5,1±1,1	53,8±2,5*
всего	400	211	52,7±1,8	43,0±1,7	4,2±0,7	57,0±1,7

*p<0,05;**- телки, которые были осеменены, но не стали стельными.

Таблица 3 – Результаты искусственного осеменения телок, в зависимости от способа заготовки семени, с заболеванием ЖКТ в молочный период

Группы телят с заболеваниями ЖКТ	Кол-во телят, n	Результаты от двух осеменений	
		стельность стельные+аборт	Не осемененные*
		% M+m	% M+m
I группа ТЗС	23	73,9±6,5	26,1±6,5
II группа РПС	31	67,7±5,9	32,3±5,9
Разница в %		+6,2	6,2

*телки, которые были осеменены, но не стали стельными.

Таблица 4 – Результаты искусственного осеменения телок, в зависимости от способа заготовки семени, с заболеваниями дыхательной системы в молочный период

Группы телят с ЗДС	Кол-во телят, n	Результаты осеменения	
		стельность стельные+аборт	не осемененные*
		% M+m	% M+m
I группа ТЗС	18	72,2±7,5	27,8±7,5
II группа РПС	23	56,5±7,3	39,1±7,2
Разница в %		-15,7 - НД	+11,3 - НД

*телки, которые были осеменены, но не стали стельными.

Из таблицы 2 видно, что число учтенных из 495 телят, 400 родились здоровыми и развитие в молочный период проходило без заболеваний (ЖКТ или ЗДС). Из этих телят 197 голов были получены от разделенного по полу и 203 головы от традиционно заготовленного семени.

Количество здоровых телят, учтенных в обоих группах, было примерно на одинаковом уровне и составило по 40%. Стельность I группы от одного осеменения составляет 56,7%, II группы – 48,7%, разница в 8% при достоверности P <0,05. Процент не осеменённых тёлок у II группы 46,2, против I группы на уровне 39,9, при достоверности P <0,05. На таком же уровне достоверности P <0,05, зафиксирован по результатам объединения абортов с подтвержденной стельностью на 6,3% меньше во II группе, по отношению к I группе.

На следующем этапе была изучена результативность осеменений телок, с зарегистрированными болезнями ЖКТ в молочный период с учетом способа заготовки семени, использованного при осеменении. Данные представлены в таблице 3.

Заболевания ЖКТ были обнаружены в молочный период у 54 голов телят из 495 – что является примерно 11% от общего количества исследованного поголовья, из них 23 головы в I группе и 31 голова во II группе.

Из таблицы 3 видно, что по результативности искусственного осеменения стельность у телок, где для осеменения использовали традиционно заготовленное семя несмотря на то, что они перенесли заболевания ЖКТ в молочный период, была на 6,2% больше, чем у телок, где для осеменения использовали разделенное по полу семя. В то же время телок, не ставших стельными, во II группе было на уровне 32,3%, а у телок I группы данный показатель был на уровне 26,1%, разница не достоверна.

Мы также изучали телят, которые в молочный период заболели и принимали курс лечения от ЗДС.

Выяснено, что по этим болезням 18 телят заболели в I группе и 23 теленка во II группе. Результаты данного исследования представлены в таблице 4.

Анализ данных таблицы 4 показывает, что телят, заболевших респираторными заболеваниями во второй группе больше, чем в первой на 5 голов. Результативность искусственного осеменения телок, полученных от ТЗС, составила 72,2% против 56,5% во второй группе, где для осеменения использовали РПС, а это на 15,7% меньше. Телок, не ставших стельными после осеменения, во второй группе было на 11% больше, чем в первой группе, разница не достоверна.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Установлено, что телята, полученные от семени, заготовленного традиционным способом, болеют меньше чем на 4,7%, по сравнению с теми телятами, которые были получены от разделенного по полу семени, 16,8±1,7 и 21,5±1,8 соответственно.

Телята в молочный период имели сравнительно низкий уровень заболеваемости в первой группе по болезням ЖКТ и ДС. Разница 2,9% по ЖКТ и 1,8% по ЗДС, соответственно.

Стельность от одного осеменения во второй группе на достоверном уровне, P <0,05 была низкой среди здоровых телят в молочный период.

Стельность среди телят, переболевших заболеваниями ЖКТ, составляла 73,9% в I группе, что на 6,2% выше, чем во II группе, а по ЗДС на уровне 72,2%, что выше на 15,7%, чем во II.

Таким образом результаты исследования показывают, что телята, полученные от семени, заготовленного традиционным методом, на 4,7% меньше болеют, чем телята, полученные разделенного по полу семени. Мы считаем, что получения более достоверной информации изучение данного вопроса необходимо проводить на большой выборке.

Полученные данные дают основание сделать вывод о том, что у телят, полученных от разделенного по полу семени, имеется тенденция на снижение уровня воспроизводительной способности как среди здоровых телят, так и телят, перенесших в молочный период болезни ЖКТ и ЗДС. Необходимо провести более глубокие исследования с охватом большего поголовья животных.

REPRODUCTIVE CAPACITIES OF HEIFERS TAKING INTO ACCOUNT THEIR DISEASE RATE DURING THE MILK PERIOD OF DEVELOPMENT

Abilov A.I.[1]* – Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher of the Cell Engineering Lab; **Plemyashov K.V.**[2] – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; **Kozmenkov P.L.**[3] – Head of the Scientific Department; **Iolchiev B.S.**[1] – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Cell Engineering Lab; **Ustimenko A.V.**[1] – Postgraduate Student.

[1] Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Animal Husbandry - VIZh named after Academician L.K. Ernst",

[2] FGBOU VO St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

[3] ALTA NN LLC

*ahmed.abilov@mail.ru

ABSTRACT

The work was carried out in the laboratory of cell engineering of the Federal State Budgetary Scientific Institution FRC VIZh named after L.K. Ernst, on the basis of Agrofirma Zarya LLC, Bogorodsky District, Nizhny Novgorod Region, in herds with a milk productivity of 8100 kg of milk per lactation, in the period 2017-2021. The reproductive abilities of 495 heifers were studied in the experiment. Depending on the semen procurement method, the calves were divided into two groups: Group I (n = 244) - calves obtained from semen harvested in the traditional way (TPS); Group II (n = 251) -

calves that were obtained from inseminations with semen separated by sex (RSS). The health of the calves was observed during the lactation period, from birth to two months of age. Gastrointestinal tract (GIT) diseases and respiratory diseases (RDS) were taken into account. All data were statistically processed using Microsoft Office Excel software. Average values (M), errors (m), and variability (min-max) were studied. Reliability was calculated using the Student's t-test. It was found that during the observation period, 80.8% of calves were healthy, including 78.5% in Group II and 83.2% in Group I. The incidence of GIT diseases in Group I was 10.9%, RDS - 8.3%, and in Group II, these figures were 12.4% and 9.2%, respectively. Fertile insemination occurred in an average of 52.8% of heifers, including 56.7% in Group I and 48.7% in Group II. Abortions in group I were recorded in 5.1%, in group II – in 3.5% of animals.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Калашников А.Е. Формирование иммунного статуса у крупного рогатого скота: физиологические механизмы, ветеринарный контроль (обзор) / Калашников А.Е., Щегольков Н.Ф., Гостева Е.Р. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2022. № 4. С. 5-30.

2.Дегтярев В.П. Этиопатогенез и коррекция послеродовых и неонатальных патологий в молочном скотоводстве/ Дегтярев В.П., Леонов К.В.// Монография. Тверская гос. с.-х. акад. Тверь: АгросферА, 2011. – 126 с.

3.Зайцев В.В. Повышение естественной резистентности новорожденных животных / Зайцев В.В., Овчинников С.В., Серых М.М. //Самара: СамВен, 2002. - 101 с.

4.McDaniel C.J. Humans and cattle: a review of bovine zoonoses/ McDaniel C.J., Cardwell D.M., Moeller R.B., Gray G.C. // Vect.-Borne Zoon. Dis. 2014. 14(1): 1-19. DOI: 10.1089/vbz.2012.1164

5.Ackermann M.R. Innate immunology of bovine respiratory disease. / Ackermann M.R., Derscheid R., Roth JA. // Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 2010. 26(2): 215-228. DOI: 10.1016/j.cvfa.2010.03.001

6.Godden S. Colostrum management for dairy calves / Godden S. // Vet. Clin. North Am. 2008. V. 24. pp. 19-39. doi: 10.1016/j.cvfa.2007.10.005

7.Абилов А.И., Племяшов К.В., Комбарова Н.А., Пыжова Е.А., Решетникова Н.М. Некоторые аспекты воспроизводства крупного рогатого скота /Абилов А.И., Племяшов К.В., Комбарова Н.А., Пыжова Е.А., Решетникова Н.М. //Монография. Санкт-Петербург:Проспект Науки, 2019. - 304 с.

8.Calloway C.D. Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves / Calloway C.D., Tyler J.W., Tessman R.K., Hostetler D., Holle J. // J. Am. Vet. Med. Assoc. 2002. Vol 221, № 11. pp. 1605-1608. https://doi.org/10.2460/javma.2002.221.1605

9.Cunningham-Rundles C. Physiology of IgA and IgA deficiency. /Cunningham-Rundles C. //J. Clin. Imm. 2001. 21(5): 303-309. DOI: 10.1023/a:1012241117984.

10.Benedictus L. Two-way calf to dam major histocompatibility class I compatibility increases risk for retained placenta in cattle/ Benedictus L., Thomas A.J., Jorritsma R., Davies C.J., Koets A.P. Benedictus L., Thomas A.J., Jorritsma R., Davies C.J., Koets A.P.// Am. J. Repr. Imm. 2012. 67(3): 224-230. DOI:10.1111/j.1600-0897.2011.01085.x

11.Oliveira L.J. Modulation of maternal immune system during pregnancy in the cow/ Oliveira L.J., Barreto R.S., Perecin F., Mansouri-Attia N., Pereira F.T., Meirelles F.V Reprod // Dom. Anim. 2012. 47(4): 384-393. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2012.02102.x

12.Surlis C. Blood immune transcriptome analysis of artificially fed dairy calves and naturally suckled beef calves from birth to 7 days of age/ Surlis C., Earley B., McGee M., Keogh K., Cormican P., Blackshields G., Tiernan K., Dunn A., Morrison S., Arguello A., Waters S.M. // Sci. Rep. 2018. 8(1): 15461. DOI: 10.1038/s41598-018-33627-0

13.Петров Е.Б. Основные технологические параметры современной технологии производства молока на животноводче-

ских комплексах (фермах)/ Петров Е.Б., Тараторкин В.М. Рекомендации / Москва, 2007. – 176 с.
14.Zwierzchowski G. Colostrum-supplemented transition milk positively affects serum biochemical parameters, humoral immunity indicators and the growth performance of calves / Zwierzchowski G., Miciński J., Wójcik R., Nowakowski J. // Livestock Science. 2020. Volume 234, 103976. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103976
15.Liebler-Tenorio E.M. Uptake of colostral leukocytes in the intestinal tract of newborn calves / Liebler-Tenorio E.M., Riedel-Caspari G., Pohlenz J.F.// Vet. Imm. Immunopath. 2002. 85(1-2): 33-40. DOI: 10.1016/s0165-2427(01)00404-4
16.Furman-Frątczak K. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth/ Furman-Frątczak K., Rząsa A., Stefaniak T. // J. Dairy Sci. 2011. V. 94. pp. 5536-5543. doi:10.3168/jds.2010-3253
17.Raboisson D. Failure of passive immune transfer in calves: a meta-analysis on the consequences and assessment of the economic impact / Raboisson D., Trillat P., Cahuzac C.// PLoS ONE. 2016. V. 11 (3). e0150452. doi: 10.1371/journal.pone.0150452
18.Vasseur E. Does a calf's motivation to ingest colostrum depend on time since birth, calf vigor, or provision of hea t/ Vasseur E., Rushen J., Passillé A.M // J. Dairy Sci. 2009? V. 92. pp. 3915-3921. doi:10.3168/jds.2008-1823
19.Амерханов Х.А. Воспроизводство – важный фактор интенсификации молочного скотоводства / Амерханов Х.А., Абилов А.И., Янчуков И.Н., Ермилов А.А.// Материалы пленарного заседания международной научно-практической конференции «Практическое использование современных научных разработок в воспроизводстве и селекции крупного рогатого скота», Дубровицы: ГНУ ВИЖ Россельхозакадемии, 2012. – с. 5-16.

REFERENCES

1. Kalashnikov A.E. Formation of the immune status in cattle: physiological mechanisms, veterinary control (review) / Kalashnikov A.E., Shchegolkov N.F., Gosteva E.R. // Problems of biology of productive animals. 2022. No. 4. P. 5-30.
2. Degtyarev V.P. Etiopathogenesis and correction of postpartum and neonatal pathologies in dairy cattle breeding / Degtyarev V.P., Leonov K.V. // Monograph. Tver State Agricultural Academy. Tver: AgrosferA, 2011. - 126 p.
3. Zaitsev V.V. Increasing the natural resistance of newborn animals / Zaitsev V.V., Ovchinnikov S.V., Serykh M.M. //Samara: SamVen, 2002. - 101 p.
4. McDaniel C.J. Humans and cattle: a review of bovine zoonoses/ McDaniel C.J., Cardwell D.M., Moeller R.B., Gray G.C. // Vect.-Borne Zoon. Dis. 2014. 14(1): 1-19. DOI: 10.1089/vbz.2012.1164 5. Ackermann M.R. Innate immunology of bovine respiratory disease. / Ackermann M.R., Derscheid R., Roth JA. // Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 2010. 26(2): 215-228. DOI: 10.1016/j.cvfa.2010.03.001 6. Godden S. Colostrum management for dairy calves / Godden S. // Vet. Clin. North Am. 2008. V. 24. pp. 19-39. doi: 10.1016/j.cvfa.2007.10.005 7. Abilov A.I., Plemyashov K.V., Kombarova N.A., Pyzhova E.A., Reshetnikova N.M. Some aspects of cattle reproduction / Abilov A.I., Plemyashov K.V., Kombarova N.A., Pyzhova E.A., Reshetnikova N.M. //Monograph. St. Petersburg: Prospekt Nauki, 2019. - 304 p.
8. Calloway C.D. Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves / Calloway C.D., Tyler J.W., Tessman R.K., Hostetler D., Holle J. // J. Am. Vet. Med. Assoc. 2002. Vol 221, No. 11. pp. 1605-1608. https://doi.org/10.2460/javma.2002.221.1605 9. Cunningham-Rundles C. Physiology of IgA and IgA deficiency. /Cunningham-Rundles C. //J. Clin. Imm. 2001. 21(5): 303-309. DOI: 10.1023/a:1012241117984.
10. Benedictus L. Two-way calf to dam major histocompatibility class I compatibility increases risk for retained placenta in cattle/ Benedictus L., Thomas A.J., Jorritsma R.,

Davies C.J., Koets A.P. Benedictus L., Thomas A.J., Jorritsma R., Davies C.J., Koets A.P. // Am. J. Repr. Imm. 2012. 67(3): 224-230. DOI:10.1111/j.1600-0897.2011. 01085.x 11. Oliveira L.J. Modulation of maternal immune system during pregnancy in the cow/ Oliveira L.J., Barreto R.S., Perecin F., Mansouri-Attia N., Pereira F.T., Meirelles F.V Reprod // Dom. Anim. 2012. 47(4): 384-393. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2012. 02102.x 12. Surlis C. Blood immune transcriptome analysis of artificially fed dairy calves and naturally suckled beef calves from birth to 7 days of age/ Surlis C., Earley B., McGee M., Keogh K., Cormican P., Blackshields G., Tiernan K., Dunn A., Morrison S ., Arguello A., Waters S.M. // Sci. Rep. 2018. 8(1): 15461. DOI: 10.1038/ s41598-018-33627-0

13. Petrov E.B. Main technological parameters of modern milk production technology at livestock complexes (farms) / Petrov E.B., Taratorkin V.M. Recommendations / Moscow, 2007. – 176 p.

14. Zwierzchowski G. Colostrum-supplemented transition milk positively affects serum biochemical parameters, humoral immunity indicators and the growth performance of calves / Zwierzchowski G., Miciński J., Wójcik R., Nowakowski J. // Livestock Science. 2020. Volume 234, 103976. https://doi.org/10.1016/ j.livsci.2020.103976 15. Liebler-Tenorio E.M. Uptake of colostral leukocytes in the intestinal tract of newborn calves / Liebler-Tenorio E.M., Riedel-Caspari G., Pohlenz J.F.// Vet. Imm. Immunopath. 2002. 85(1-2): 33-40. DOI: 10.1016/s0165-2427(01)00404-4 16. Furman-Frątczak K. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth/ Furman-Frątczak K., Rząsa A., Stefaniak T. // J. Dairy Sci. 2011. V. 94. pp. 5536-5543. doi:10.3168/jds.2010-3253 17. Raboisson D. Failure of passive immune transfer in calves: a meta-analysis on the consequences and assessment of the economic impact / Raboisson D., Trillat P., Cahuzac C.// PLoS ONE. 2016. V. 11 (3). e0150452. doi: 10.1371/ journal.pone.0150452 18. Vasseur E. Does a calf's motivation to ingest colostrum depend on time since birth, calf vigor, or provision of hea t/ Vasseur E., Rushen J., Passillé A.M. // J. Dairy Sci. 2009? V. 92. pp. 3915-3921. doi:10.3168/jds.2008-1823 19. Amerkhanov Kh.A. Reproduction is an important factor in the intensification of dairy cattle breeding / Amerhanov Kh.A., Abilov A.I., Yanchukov I.N., Ermilov A.A. // Materials of the plenary session of the international scientific and practical conference "Practical use of modern scientific developments in the reproduction and selection of cattle", Dubrovitsy: State Scientific Institution "Vizh" of the Russian Agricultural Academy, 2012. - pp. 5-16.

УДК: 636.082.12:636.22/.28.033
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.402

АССОЦИАЦИЯ ОДНОНУКЛЕОТИДНЫХ ПОЛИМОРФИЗМОВ ГЕНОВ *FASN* И *DGAT1* С ЖИВОЙ МАССОЙ У МЯСНОГО СКОТА

Шевхужев А.Ф. – д-р с.-х. наук, проф. (ORCID 0000-0002-9164-4199); **Скорых Л.Н.** – д-р биол. наук, доц. (ORCID 0000-0002-6090-4453); **Криворучко А.Ю.** – д-р биол. наук (ORCID 0000-0003-0130-3639); **Скокова А.В.** – канд. биол. наук (ORCID 0000–0002–2193–7498); **Каниболоцкая А.А**. – канд. биол. наук (ORCID 0000–0003–3003–4175).

ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

**dorohin.2012@inbox.ru*

Ключевые слова: *FASN (синтаза жирных кислот), DGAT1 (диацилглицерол О-ацилтрансфераза), крупный рогатый скот, однонуклеотидный полиморфизм (SNP), ДНК, живая масса, генотип, фенотип.*

Keywords: *FASN (fatty acid synthase), DGAT1 (bovine diacylglycerol O-acyltransferase), single nucleotide polymorphism (SNP), DNA, live weight, cattle, genotype, phenotype.*

Финансирование: *Материалы подготовлены в рамках Федеральной научно-технической программы (ФНТП) развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы. Подпрограмма: «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород» (FNMU-2022-0029).*

Поступила: 06.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Отечественная калмыцкая порода скота считается уникальной и отличается от всех разводимых на территории России мясных пород. Животные этой породы наделены природной выносливостью и независимостью от климатических условий содержания, отличаются высокой адаптационной способностью, что дает возможность для разведения их как в чистоте, так в различных схемах скрещивания с другими породами во многих областях и регионах нашей страны. Кроме того, мясо от животных этой породы имеет достаточно высокие качественные и вкусовые показателями. Учитывая возрастающую потребность в высококачественной говядине, необходимость в исследованиях, направленных на повышение мясной продуктивности крупного рогатого скота, является актуальной задачей сельскохозяйственной науки и практики. Цель работы заключается в изучении полиморфизмов генов *FASN, DGAT1* и анализе их взаимосвязи с живой массой в популяции бычков калмыцкой породы, разводимых в крайне засушливой климатической и полупустынной эколого-ландшафтной зоне Ставропольского края. Исследования проводили в условиях СПК (колхоз-племзавод) «Дружба» Ставропольского края на бычках калмыцкой породы (n=156) в возрасте 8 месяцев. Для изучения полиморфизмов генов *FASN* и *DGAT1* выполнили генотипирование методом ПЦР-ПДРФ с использованием лиофилизованных

готовых реакционных смесей GenPak® PCR Core и пар праймеров, подобранных на ресурсе Primer-BLAST. Установили, что животные носители AG и GG генотипов полиморфизма *g.17924A> G* гена *FASN* имели живую массу на 7,8 и 11,9 % больше по сравнению с АА генотипом, а также среди всего исследованного поголовья по двум изучаемым генам. Животные носители гомозиготного ТТ генотипа полиморфизма c.1416T> G в гене *DGAT1* имели более высокую живой массой среди всех исследованных животных по этому гену на 5 %.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Выращивание мясного скота на засушливых пастбищах создает экологические и экономические трудности для животноводов. Почва, качество кормов и количество осадков являются ключевыми факторами, определяющими направление развития животноводческой отрасли в регионе и выработке стратегий, направленных на её развитие и поддержание [1]. Территория Апанасенковского района находится в крайне засушливой климатической и полупустынной эколого-ландшафтной зоне Ставропольского края. Кроме того, район относят ко второй агроэкологической группе характеризующийся наличием слабо эродированных, слабозасоленных и слабо каменисто-щебенчатых почв [2]. Учитывая природно-климатические, географические особенности рассматриваемой зоны, стремительно изменяющиеся условия среды, следует обратить внимание на изучение и сохранение генетического потенциала пород аборигенного скота, традиционно выращиваемого в этом регионе. Калмыцкий скот является единственной отечественной мясной породой, характеризующейся высокими адаптивными, продуктивными и воспроизводительными качествами, отличающийся от остального скота долголетием, крепкой конституцией, правильным телосложением. Говядина от животных этой породы имеет достаточно высокие качественные и вкусовые показателями, пользуется у потребителей повышенным спросом. [3-5]. Учитывая возрастающую потребность в высококачественной говядине, необходимость в исследованиях, направленных на повышение мясной продуктивности скота, является актуальной задачей сельскохозяйственной науки и практики.

По сравнению с другими видами мяса говядина наиболее богата белком, витаминами и множеством незаменимых аминокислот, поэтому ее предпочитают большинство потребителей. Качество говядины определяется несколькими факторами, главными из которых являются рост и развитие мышц, а также содержание внутримышечного жира [6]. На клеточном уровне увеличение содержания внутримышечного жира характеризуется повышенной пролиферацией в адипоцитах, увеличением количества и размера липидных капель (дифференцировка). Поскольку говядина является одним из наиболее широко потребляемых видов мяса в мире, улучшение производства и качества говядины уже давно имеет важное значение для пищевой промышленности. Учитывая, что рост и развитие мышц, жира напрямую связаны с выходом и качеством говядины, понимание механизмов регуляции роста и развития мышечной и жировой ткани на молекулярном уровне может прояснить новые стратегии воздействия на качество говядины и заложить основу для разведения мясного скота с использованием молекулярно-генетических методов [7, 8].

Ген *FASN* в изобилии экспрессируется в жировой ткани и кодирует синтазу жирных кислот – фермент, регулирующий биосинтез длинноцепочечных жирных кислот. Фермент играет центральную роль в липогенезе de novo, катализируя все стадии реакции превращения ацетил-КоА и малонил-КоА в пальмитат. Сообщалось о связи экспрессии полиморфизмов гена *FASN* с жировым обменом и признаками ожирения у крупного рогатого скота [9]. Домен ТЕ (тиоэстеразы) расположен на 3'-конце *FASN* и кодируется в пределах четырех

экзонов (экзоны 39-42). Этот домен отвечает за определение длины продуктов *FASN*, которые являются потенциальными субстратами для элонгаз и десатуразы [10]. SNP g.17924A>G, присутствующий в домене ТЕ гена *FASN*, связан с содержанием насыщенных кислот в подкожной жировой ткани и молочном жире [11]. Анализ полиморфизмов в домене тиоэстеразы гена *FASN*, который регулирует прекращение синтеза ЖК, у крупного рогатого скота породы ханву показал значительную связь между аллельными вариантами SNP g.17924G > A с концентрациями пальмитиновой и олеиновой кислот. Например, в генотипе GG концентрация олеиновой кислоты была на 3,2 и 2,8 % выше, чем в генотипах AA и AG соответственно. Однако авторы не наблюдали какой-либо значимой связи между генотипами g.17924A > G и другими исследованными жирных кислот: миристиновой, стеариновой и линолевой [12]. Также, сообщалось, что генотип GG полиморфизма g.17924A > G приводит к более высокому уровню полиненасыщенных жирных кислот и довольно низкому значению насыщенных жирных кислот, чем генотипы AG и AA. [10, 11]. Было проведено другое исследование для определения экзонных SNP в гене *FASN,* ассоциированных с жирно-кислотным составом у корейского крупного рогатого скота. В ходе исследований обнаружено, что все SNP (g.12870 T> C, g.13126 T > C, g.15532 C > A, g.16907 T > C и g.17924 G > A) были связаны с различным составом жирных кислот и мраморностью мяса. Генотипы CC, TT, AA, TT и GG имели связь с более высоким содержанием мононенасыщенных жиров и более низким - насыщенных жиров [13].

Еще один ген регулирующий жирнокислотный состав *DGAT1.* Диацилглицерол *O*-ацилтрансфераза (*DGAT1*) считается ключевым ферментом, который контролирует основной путь синтеза триацилглицерина в жировой ткани [14]. У животных триацилглицерин можно обнаружить в печени, тонком кишечнике, мышцах и жировой ткани, он считается основным компонентом внутримышечного жира, играет ключевую роль в энергетическом обмене [15]. В этом гене было идентифицировано несколько однонуклеотидных полиморфизмов (SNP), ассоциированных с признаками продуктивности у крупного рогатого скота. Несколько исследований показали связь гена *DGAT1* с показателями продуктивности у семи пород крупного рогатого скота (ангус, бельгийская голубая, шароле, герефордская, голштино–фризская, лимузинская и симментальская) [16]. Доказано, что ген *DGAT1* может влиять на цвет и содержание жира в мясе мясного скота [17, 18]. Yuan Z. et al. (2013) изучали ассоциацию двух SNP (c.572A/G и c.1416T/G) в экзонной области гена *DGAT1* с признаками мясной продуктивности у крупного рогатого скота. Установлено, что эти полиморфизмы влияли на толщину подкожного жира, площадь мышечного глазка, мраморность и цвет жира [19]. В некоторых работах выявлена связь полиморфизма K232A гена *DGAT1* в регуляции количества и качества внутримышечного жира в полусухожильных мышцах мясного скота [20, 21]. Известно, об ассоциации К аллеля в полиморфизме K232A с высотой в кресте, жирностью и нежностью мяса у испанского мясного скота пород беррендаан-колорадо, берренда-ан-негро и кардена андалуза [22]. Однако Ardicli et al. (2018) этой связи не выявили, а в исследованиях Trakovicka A. et al. (2019) сообщалось о незначительном влиянии SNP K232A в гене *DGAT1* на различные показатели мясности (процентное содержание мышц, жира, костей).

Цель работы заключается в изучении полиморфизмов генов *FASN*, *DGAT1* и анализе их ассоциаций с живой массой в популяции бычков калмыцкой породы, разводимых в крайне засушливой климатической и полупустынной эколого-ландшафтной зоне Апанасенковского района Ставропольского края.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Научно-производственный экспери-

мент проводился в условиях СПК (колхоз -племзавод) «Дружба» Апанасенковского района Ставропольского края. Исследования выполнены в лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве ВНИИОК — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», объектом их были бычки калмыцкой породы (n=156) в возрасте 8 мес.

Показатели мясной продуктивности у животных изучали на основании полученных данных о живой массе путем взвешивания.

Кровь для выделения ДНК отбирали из хвостовой или яремной вены в пробирки *K_3EDTA* (*SARSTEDT*, Германия). ДНК выделяли методом нуклеосорбции с использованием сертифицированного набора «ДНК-Экстран-1» (ЗАО «Синтол», Россия).

Для изучения полиморфизмов генов *FASN* и *DGAT1* выполнили генотипирование методом ПЦР-ПДРФ. Полимеразную цепную реакцию проводили с использованием лиофилизованных готовых реакционных смесей *GenPak® PCR Core* (ООО «Лаборатория Изоген», Россия) и пары праймеров, подобранных на ресурсе *Primer-BLAST* [24], синтезированных в ЗАО «Синтол» (табл.1).

ПЦР выполнена на амплификаторе *Thermal Cycler T1000* (*«Bio-Rad Laboratories, Inc.»*, США) для гена *FASN* по следующей схеме: полученный амплификат обрабатывали эндонуклеазой рестрикции *MscI* (ООО «Сибэнзим», Россия). Смесь инкубировали при 37°С в течение 4 ч с последующим разделением фрагментов электрофорезом в 3%-ном агарозном геле, содержащем 0,1 мкг/мл бромистого этидия (*85 В/40 мин*). Реакцию считывали с помощью видеосистемы гель-документирования «Взгляд» (ООО «Компания Хеликон», Россия). Для изучения полиморфизма гена *DGAT1* применялись следующие режимы амплификации: первоначальная денатурация — 5 мин при 94°С; 35 циклов: 30 с при 94°С, 30 с при 66,4°С (c.572A>G) и 65,8 (c.1416T > G), 30 с при 72°С; завершающая элонгация — 8 мин при 72°С. Рестрикцию проводили с использованием специфических эндонуклеаз приведенными в табл.1. Инкубацию смеси выполняли при 37°С в течение 10 ч. Идентификацию всех рестриктов проводили относительно ДНК-маркера молекулярных масс *GeneRuler DNA Ladder Mix (Thermo Fisher Scientific,* США*).*

Таблица 1 – Последовательность праймеров для амплификации целевого гена

Ген	*SNP*	*rs*	Последовательность праймеров	Эндонуклеаза рестрикции	Размер ампликона (п.н.)
FASN	g.17924A > G	*rs*41255693	*F:*5'-TC CTTTCACAGAGCTGACGGAC-3' R: 5'-GGAGGAAGAGCRGRRGCAGT-3'	*MscI*	AA: *362, 262, 195* GG: *362, 262, 195, 167* AG: *362, 262, 195, 167*
DGAT1	c.572A>G	*rs137745035*	*F:* 5′-TGGCCTTTCTCCTCGAGTCTGTC-3′ *R:*5′-TCTCGGCACCAGAGGTTGACGT-3′	*MaeIII*	AA: 184, 20 AG: 204, 184, 20 GG: 204
	c.1416T > G	*rs135329220*	*F:* 5′-ACTCATCATCGGGCAACCGG-3′ *R:*5′-CCAGGAGGCAGCTTCCACCAG-3′	*AgeI*	TT: 197, 16 TG: 213, 197, 16 GG: 213

Статистическую обработку данных выполняли в программах *IBM SPSS Statistics 26* и *Microsoft Excel*. Статистическую значимость различий средних значений признаков между группами животных определяли по *t*-критерию Стьюдента уровнем достоверности p<0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Среди бычков калмыцкой породы в выявленном SNP g.17924A > G гена FASN, частоты генотипов распределились следующим образом: частота аллеля А составила – 0,54, G – 0,46 (таблица 2).

В исследуемой группе бычков наибольшую частоту встречаемости имели гомозиготный АА и гетерозиготный AG генотипы в полиморфизме g.17924A > G гена FASN составившие 35,0 и 39,0 %, реже встречались особи с гомозиготным мутантным генотипом (26,0 %).

Распределение частот генотипов в полиморфизме c.572A > G гена DGAT1 выразилось в следующем: наиболее часто встречался гомозиготный АА генотип, составивший 42,0 %, реже мутантный гомозиготный GG генотип – 32,0 %, наименьшую частоту встречаемости имел гетерозиготный AG вариант – 26,0 %. Среди исследуемой группы бычков наибольшую частоту встречаемости имел гомозиготный генотип GG – 52,0 % в замене c.1416T>G гена DGAT1, тогда как TT и TG генотипы встречались реже и составили 27,0 и 21,0 %, соответственно.

Рассматривая живую массу в возрасте 8 месяцев у исследуемых животных в замене g.17924A > G гена FASN выявили, что для животных-носителей AG и GG генотипов была характерна большая живая масса на 7,8 и 11,9 % по сравнению со сверстниками «дикого» гомозиготного АА генотипа (таблица 3).

Таблица 2 – Частота встречаемости генотипов в обнаруженных полиморфизмах генов *FASN* и *DGAT1* у мясного скота калмыцкой породы

Ген	Полиморфизм	Частота генотипов, %			Частота аллелей	
FASN	g.17924A > G	**AA**	**AG**	**GG**	**A**	**G**
		35,0	39,0	26,0	0,54	0,46
DGAT 1	c.572A > G	**AA**	**AG**	**GG**	**A**	**G**
		42,0	26,0	32,0	0,55	0,45
	c.1416T > G	**TT**	**TG**	**GG**	T	**G**
		27,0	21,0	52,0	0,37	0,63

Таблица 3 – Живая масса бычков калмыцкой породы в возрасте 8 месяцев с различными генотипами по полиморфизмам генов *FASN* и *DGAT1*

Ген	Полиморфизм	Генотип					
FASN	g.17924A > G	**AA** (n =55)		**AG** (n =60)		**GG** (n =41)	
		M	m	M	m	M	m
		183,4*	8,4	197,8	12,0	205,2**	13,9
DGAT1	c.572A > G	**AA** (n =66)		**AG** (n =41)		**GG** (n =49)	
		187,7$^{\#}$	8,2	192,3	11,8	198,2$^{\#\#}$	10,9
	c.1416T > G	**TT** (n =42)		**TG** (n =32)		**GG** (n =82)	
		199,7$^{*\#}$	11,9	189,1	9,0	189,0	12,0

*Примечание: * различия достоверны при p<0,05 между особями AG и GG генотипов;*

*** различия достоверны при p<0,05 между особями AA и AG генотипов; # различия достоверны при p<0,05 между особями AB и BB генотипов, ## - различия достоверны при p<0,05 между особями AA и AB генотипов; *# различия достоверны при p<0,05 между особями TG и GG генотипов.*

Сопоставляя измерения живой массы у бычков с различными генотипами по полиморфизмам c.572A>G, c.1416T>G гена *DGAT1* установили, что эти замены имели низкую ассоциативную связь с величиной изучаемого признака. Однако, наибольшую среднюю живую массу имели животные носители ТТ генотипа полиморфизма c.1416T>G, превосходящие особей с гетерозиготным и «диким» гомозиготным генотипами на 5 %.

Таким образом, в результате исследований выявили наличие полиморфизмов в локусах генов *FASN* и *DGAT1* в популяции мясного скота калмыцкой породы. Установлена частота аллелей и генотипов в обнаруженных полиморфизмах генов *FASN* и *DGAT1;* получены данные о наличии ассоциаций в зависимости от полиморфных вариантов изученных генов с живой массой бычков калмыцкой породы в возрасте 8 месяцев, которые были различны.

Нами установлено, что животные GG генопипа SNP g.17924A>G имеют наибольшую живую массу, одним из ключевых признаков мясной продуктивности. В исследованиях Pećina M. (2023) было выявлено незначительное влияние полиморфизма g.17924A>G гена *FASN* на упитанность туши и содержание жирных кислот в говядине. Однако, большинство исследований связано с признаками содержания в мясе жирных кислот и мраморностью мяса. Maharani D. et al. (2012) указали, что животные носители GG-генотиипа в SNP g.17924A>G имели достоверно более низкое содержание C14:0 ($p < 0,01$), такую же ассоциацию выявили и Zhang S. et al., (2008) у быков породы ангус. Кроме того, авторы установили, что бычки этой породы с генотипом GG (по сравнению с генотипом AA) имели более низкий уровень насыщенных жирных кислот: 14:0 и 16:0 и более высокий общий уровень мононенасыщенных жирных кислот (18:1). Полученные нами сведения и сопоставление их с данными зарубежных коллег, создает предпосылки для дальнейших исследований ассоциации полиморфизмов этого гена с признаками мясной продуктивности.

В изучаемых полиморфизмах гена *DGAT1* выявлено два желаемых генотипа, достоверно ассоциированных с высокой живой массой: GG генотип в полиморфизме c.572A > G и ТТ генотип в полиморфизме c.1416T > G . Сведений о связи полиморфизмов этих генов с живой массой не найдено, однако Yuan Z., et al (2013) установили ассоциацию полиморфизмов C.572A>G и c.1416T> G в гене *DGAT1* у китайского товарного скота с показателями качества мяса и упитанности туш. Также, выявлено, что полиморфизмы C.572A>G и c.1416T> G ассоциированы с толщиной подкожного жира, площадью длиннейшей мышцы, мраморностью, цветом жира и другими параметрами. Результаты этого исследования позволили сделать вывод, что эти SNP могут быть пригодны в качестве маркеров для эффективного отбора высокопродуктивных животных, отличающихся хорошей упитанностью и качественными показателями мяса [19]. Несмотря на то, что в нашем исследовании не все выявленные полиморфизмы гена *DGAT1* оказались ассоциированы с высокой живой массой, продолжать изучение и установление связи с другими показателями продуктивности целесообразно, опираясь на данные зарубежных коллег.

Таким образом, проведенными исследованиями установили достоверную связь живой массы с полиморфизмами генов *FASN* и *DGAT1* у бычков калмыцкой породы и являются перспективными маркерами качественных характеристик мяса. Также, они могут быть использованы в качестве ДНК-маркеров для селекции мясного скота, разводимого в крайне засушливых климатических и полупустынных эколого-ландшафтных зонах.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В ходе проведенных исследований изучены наиболее значимые полиморфизмы генов *FASN* и *DGAT1* и их ассоциация с живой массой в популяции крупного рогатого скота калмыцкой породы, разводимых в крайне засушливой климатической и полупустынной эколого-ландшафтной

зоне Апанасенковского района Ставропольского края. Полиморфизм генов *FASN* и *DGAT1* в популяции бычков калмыцкой породы представлен двумя аллелями с разной частотой встречаемости: для гена *FASN* A – 0,54; G – 0,46; для гена *DGAT1* A – 0,55;G – 0,45; T – 0,37; G – 0,63, соответственно. Установлены по три генотипа для полиморфизма g.17924A > G в гене *FASN (AA – 35,0;* AG – 39,0; GG – 26,0), для полиморфизмов c.572A > G и c.1416T > G гена *DGAT1* (AA – 42,0; AG – 26,0; GG – 32,0; TT – 27,0; TG – 21,0; GG – 52,0)

Установили, что животные носители AG и GG генотипов в полиморфизме g.17924A>G (*rs*41255693) гена *FASN* имели живую массу 205,2 кг в возрасте 8 месяцев, что на 7,8 и 11,9 % больше по сравнению с особями AA и AG генотипа. Животные носители гомозиготного TT генотипа полиморфизма c.1416T > G (rs135329220) имели более высокую живой массой на 5 % по сравнению с другими особями-носителями TG и GG генотипов.

Таким образом, проведенные исследования позволили получить новые сведения о наличии ассоциации генотипов полиморфизмов в генах *FASN* и *DGAT1* у калмыцкого скота. Дальнейшая работа будет направлена на изучение влияния обнаруженных полиморфизмов на хозяйственно полезные признаки, позволяющих применять их в MAS-селекции мясного скота с целью улучшения качественных характеристик мясной продукции.

ASSOCIATION OF SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISMS OF *FASN* AND *DGAT1* GENES WITH LIVE WEIGHT IN BEEF CATTLE

Shevkhuzhev A.F. – Professor, Doctor of Agricultural Sciences (ORCID 0000-0002-9164-4199); **Skorykh L.N.** – Associate Professor, Doctor of Biological Sciences (ORCID 0000-0002-6090-4453); **Krivoruchko A.Yu.** – Doctor of Biological Sciences (ORCID 0000-0003-0130-3639); **Skokova A.V.** – cand. Biol. sciences (ORCID 0000–0002–2193–7498); **Kanibolotskaya A.A.** – PhD. Biol. sciences (ORCID 0000–0003–3003–4175).

FSBSI "North Caucasian FSAC"

*dorohin.2012@inbox.ru

Financing: *Materials prepared within the framework of the Federal Scientific and Technical Program (FSTP) of agricultural development for 2017-2030. Subprogram: "Improvement of genetic potential of beef cattle" (FNMU-2022-0029).*

ABSTRACT

The domestic Kalmyk cattle breed is considered unique and differs from all meat breeds bred in Russia. Animals of this breed are endowed with natural endurance and independence from climatic conditions, they are characterized by high adaptive ability, which makes it possible to breed them both in purity and in various schemes of crossing with other breeds in many regions and regions of our country. In addition, beef from animals of this breed has quite high quality and taste indicators. Given the increasing need for high-quality beef, the need for research aimed at increasing the meat productivity of cattle is an urgent task of agricultural science and practice.The aim of the work is to study the polymorphisms of the *FASN* and *DGAT1* genes and their association with live weight in a population of Kalmyk bull calves bred in an extremely arid climatic and semi-arid ecological landscape zone of the Stavropol Territory. The studies were conducted in the conditions of SPK (kolkhoz-plemzavod) "Druzhba" (Druzhba collective farm) of Stavropol Krai on Kalmyk steers (n=156) at the age of 8 months. To study the polymorphisms of the *FASN* and *DGAT1* genes, genotyping was performed by PCR-PDRF using lyophilized ready-made GenPak ® PCR Core reaction mixtures using a pair of primers selected on the Primer-BLAST resource. It was found that animals carrying AG and GG genotypes in the replacement of g.17924A>G of the *FASN* gene had a live weight of 7.8 and 11.9% more than the AA genotype, as well as among the entire studied livestock for the two studied genes. Ani-

mals carrying the homozygous TT genotype of c.1416T > G polymorphism in the *DGAT1* gene had a higher live weight among all animals studied for this gene by 5%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Селекция мясного скота на повышение эффективности использования корма / Е. Н. Усманова, Д. В. Зубоченко, П. С. Остапчук, Т. А. Куевда // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4(68). – С. 270-286. – DOI 10.32786/2071-9485-2022-04-33. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?edn=usetwo

2.Письменная, Е. В. Эколого-хозяйственная организация территории для оптимизации аграрного землепользования в зоне степей Северо-Кавказского региона: автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.01.03 / Письменная Елена Вячеславовна; [Место защиты: Агрофиз. науч.-исслед. ин-т]. – Ставрополь, 2018. – 50 с.

3.Русанова, Т. П. Научно обоснованные параметры экономической эффективности ведения мясного скотоводства в условиях засушливой зоны Ставропольского края (на примере СПК "Дружба" Апанасенковского района) / Т. П. Русанова, Л. Н. Коровина, Е. В. Абонеева // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2012. – Т. 1, № 5. – С. 141-144. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-obosnovannye-parametry-ekonomicheskoy-effektivnosti-vedeniya-myasnogo-skotovodstva-v-usloviyah-zasushlivoy-zony (дата обращения: 26.01.2024).

4.Сангаджиева, О. С. Применение биодобавки при откорме молодняка крупного рогатого скота в условиях АО ПЗ «Улан-Хееч» Яшкульского района Республики Калмыкия / О.С. Сангаджиева, А.С. Авлиев, А.В. Манжикова // Секция 2: УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В АПК – 2023. С. 230-231

5.Моисейкина, Л.Г. Сравнительный анализ фенотипических данных и генетической структуры популяции крупного рогатого скота калмыцкой породы / Л.Г. Моисейкина, А.В. Убушиева, В.С. Убушиева //Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – №. 4. .С. 167-174. https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-167-174

6.Longissimus dorsi muscle label-free quantitative proteomic reveals biological mechanisms associated with intramuscular fat deposition / M. D. Poleti [et al.] //Journal of proteomics. – 2018. – Т. 179. – P. 30-41. DOI: 10.1016/j.jprot.2018.02.028

7.Effect of actin alpha cardiac Muscle 1 on the proliferation and differentiation of bovine myoblasts and preadipocytes / A. Li [et al.] //Animals. 2021. – Т. 11. – №. 12. – С. 3468. DOI: 10.3390/ani11123468

8.Effect of FASN, SCD, and GH Genes on Carcass Fatness and Fatty Acid Composition of Intramuscular Lipids in F1 Holstein× Beef Breeds / M. Pećina [et al.] // Agriculture. – 2023. – Т. 13. –№. 3. – С. 571. DOI:10.3390/agriculture13030571

9.Relationship of polymorphisms within metabolic genes and carcass traits in crossbred beef cattle / L.A. Rempel [et al.]// Journal of animal science. –2012. – Т. 90. – №. 4. – С. 1311-1316. DOI: 10.2527/jas.2011-4302

10.DNA polymorphisms in bovine fatty acid synthase are associated with beef fatty acid composition 1 / S. Zhang [et al.] //Animal genetics. – 2008. – Т. 39. – №. 1. – P. 62-70. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2007.01681.x

11.Fatty acid synthase effects on bovine adipose fat and milk fat / C.A. Morris [et al.] //Mammalian Genome. – 2007. –Т. 18. – С. 64-74. DOI: 10.1007/s00335-006-0102-y

12. DNA polymorphisms in SREBF1 and FASN genes affect fatty acid composition in Korean cattle (Hanwoo) / M. S. A. Bhuiyan [et al.]//Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2009. – Т. 22. – №. 6.– С. 765-773. DOI:10.5713/ajas.2009.80573

13.Fatty acid composition of beef is associated with exonic nucleotide variants of the gene encoding FASN / D. Oh [et al.] // Molecular Biology Reports. – 2012. – Т. 39. – С. 4083-4090. DOI:10.1007/s11033-011-

1190-7
14.Yen, C.L.E. Thematic Review Series: Intestinal Lipid Metabolism: New Developments and Current Insights: Intestinal triacylglycerol synthesis in fat absorption and systemic energy metabolism / C.L.E. Yen, D.W. Nelson, M.I. Yen //Journal of Lipid Research. – 2015. – Т. 56. – №. 3. –С. 489. DOI:10.1194/jlr.R052902
15.How muscle structure and composition influence meat and flesh quality / A. Listrat [et al.] //The Scientific World Journal. – 2016. – Т. 2016. DOI:10.1155/2016/3182746
16.Relationship of the bovine IGF1, TG, DGAT1 and MYF5 genes to meat colour, tenderness and cooking loss / S. Ardicli [et al.] //Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society. – 2018. – Т. 69. – №. 3. – С. 1077-1087. DOI:10.12681/jhvms.18879
17.Detection of selection signatures in dairy and beef cattle using high-density genomic information / F. Zhao [et al.] //Genetics Selection Evolution. 2015. Т. 47. №. 1. P. 1-12. DOI:10.1186/s12711-015-0127-3
18.Associations between LEP, DGAT1 and FABP4 gene polymorphisms and carcass and meat traits in Nelore and crossbred beef cattle / R.A.Curi [et al.] //Livestock Science. – 2011. – Т. 135. – №. 2-3. – С. 244-250. DOI:10.1016/j.livsci.2010.07.013
19.Effects of DGAT1 gene on meat and carcass fatness quality in Chinese commercial cattle / Z. Yuan [et al.]//Molecular Biology Reports. – 2013. – Т. 40. – С. 1947-1954. DOI: 10.1007/s11033-012-2251-2
20.Association analysis of single nucleotide polymorphisms in DGAT1, TG and FABP4 genes and intramuscular fat in crossbred Bos taurus cattle / L. Pannier [et al.]//Meat science. – 2010. – Т. 85. – №. 3. – С. 515-518. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.02.025
21.CAPN1, CAST, and DGAT1 genetic effects on preweaning performance, carcass quality traits, and residual variance of tenderness in a beef cattle population selected for haplotype and allele equalization / JrR.G. Tait [et al.] //Journal of animal science. – 2014. – Т. 92. – №. 12. – С. 5382-5393. DOI: 10.2527/jas.2014-8211
22.Assessment of DGAT1 and LEP gene polymorphisms in three Nelore (Bos indicus) lines selected for growth and their relationship with growth and carcass traits / F.R.P. Souza [et al.] //Journal of Animal Science. – 2010. – Т. 88. – №. 2. – С. 435-441. DOI:10.2527/jas.2009-2174
23.The impact of diacylglycerol O-acyltransferase 1 gene polymorphism on carcass traits in cattle / A. Trakovicka [et al.] //Journal of Central European Agriculture. – 2019. – Т. 20. – №. 1. – P. 12-18. DOI:10.5513/JCEA01/20.1.2411
24.Primer designing tool. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/. (дата обращения:4.08.2022).
25.Association of five candidate genes with fatty acid composition in Korean cattle / D. Maharani [et al.]//Molecular biology reports. – 2012. – Т. 39. – С. 6113-6121. DOI: 10.1007/s11033-011-1426-6
26.DNA polymorphisms in bovine fatty acid synthase are associated with beef fatty acid composition 1 / S. Zhang [et al.] //Animal genetics. – 2008. – Т. 39. – №. 1. – С. 62-70. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2007.01681.x

REFERENCES

1.Breeding of beef cattle to improve the efficiency of feed use / E. N. Usmanova, D. V. Zubochenko, P. S. Ostapchuk, T. A. Kuevda // Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and higher professional education. – 2022. – № 4 (68). – Pp. 270-286. – DOI 10.32786/2071-9485-2022-04-33. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?edn=usetwo
2.Pishchennaya, E. V. Ecological and economic organization of the territory for optimization of agricultural land use in the steppe zone of the North Caucasus region: abstract of the dissertation... Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.03 / Written Elena Vyacheslavovna; [Place of protection: Agrophys. scientific research. in-t]. – Stavropol, 2018. – 50 p.
3.Rusanova, T. P. Scientifically substantiated parameters of the economic efficiency of beef cattle breeding in the arid zone of the Stavropol Territory (on the example of the SEC "Druzhba" of the Apanasenkovsky district) / T. P. Rusanova, L. N. Korovina, E. V.

Aboneeva // Collection of scientific papers of the Stavropol Scientific Research Institute of Animal Husbandry and feed production. – 2012. – Vol. 1, No. 5. – pp. 141-144. Access mode: https://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-obosnovannye-parametry-ekonomicheskoy-effektivnosti-vedeniya-myasnogo-skotovodstva-v-usloviyah-zasushlivoy-zony (date of application: 01/26/2024).
4.Sangadzhieva, O. S. The use of dietary supplements for fattening young cattle in the conditions of JSC "Ulan-Heech" Yashkulsky district of the Republic of Kalmykia / O.S. Sangadzhieva, A.S. Avliev, A.V. Manjikova // Section 2: QUALITY MANAGEMENT IN AGRICULTURE – 2023. pp. 230-231
5.Moiseikina, L.G. Comparative analysis of phenotypic data and genetic structure of the Kalmyk cattle population / L.G. Moiseikina, A.V. Ubushieva, V.S. Ubushieva //Bulletin of the NGAU (Novosibirsk State Agrarian University). – 2023. – No. 4. .P. 167-174. https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-167-174
6.Longissimus dorsi muscle label-free quantitative proteomic reveals biological mechanisms associated with intramuscular fat deposition / M. D. Poleti [et al.] //Journal of proteomics. – 2018. – vol. 179. – pp. 30-41. DOI: 10.1016/j.jprot.2018.02.028
7.Effect of actin alpha cardiac Muscle 1 on the proliferation and differentiation of bovine myoblasts and preadipocytes / A. Li [et al.] //Animals. 2021. – Vol. 11. – no. 12. – C. 3468. DOI: 10.3390/ani11123468
8.Effect of FASN, SCD, and GH Genes on Carcass Fatness and Fatty Acid Composition of Intramuscular Lipids in F1 Holstein× Beef Breeds / M. Pećina [et al.] //Agriculture. – 2023. – Vol. 13. –No. 3. – C. 571. DOI:10.3390/agriculture13030571
9.Relationship of polymorphisms within metabolic genes and carcass traits in crossbred beef cattle / L.A. Rempel [et al.]// Journal of animal science. -2012. – Vol. 90. – No. 4. – C. 1311-1316. DOI: 10.2527/jas.2011-4302
10.DNA polymorphisms in bovine fatty acid synthase are associated with beef fatty acid composition 1 / S. Zhang [et al.] //Animal genetics. – 2008. – Vol. 39. – No. 1. – P. 62-70. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2007.01681.xZhang, Shu, et al. "DNA polymorphisms in bovine fatty acid synthase are associated with beef fatty acid composition 1." Animal genetics 39.1 (2008): 62-70.
11.Fatty acid synthase effects on bovine adipose fat and milk fat / C.A. Morris [et al.] //Mammalian Genome. – 2007. –Vol. 18. – pp. 64-74. DOI: 10.1007/s00335-006-0102-y
12.DNA polymorphisms in SREBF1 and FASN genes affect fatty acid composition in Korean cattle (Hanwoo) / M. S. A. Bhuiyan [et al.]//Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2009. – Vol. 22. – No. 6.– C. 765-773. DOI:10.5713/ajas.2009.80573
13.Fatty acid composition of beef is associated with exonic nucleotide variants of the gene encoding FASN / D. Oh [et al.] // Molecular Biology Reports. – 2012. – Vol. 39. – pp. 4083-4090. DOI:10.1007/s11033-011-1190-7
14.Yen, C.L.E. Thematic Review Series: Intestinal Lipid Metabolism: New Developments and Current Insights: Intestinal triacylglycerol synthesis in fat absorption and systemic energy metabolism / C.L.E. Yen, D.W. Nelson, M.I. Yen //Journal of Lipid Research. – 2015. – Vol. 56. – no. 3. –p. 489. DOI:10.1194/jlr.R052902
15.How muscle structure and composition influence meat and flesh quality / A. Listrat [et al.] //The Scientific World Journal. – 2016. – Vol. 2016. DOI:10.1155/2016/3182746
16.Relationship of the bovine IGF1, TG, DGAT1 and MYF5 genes to meat colour, tenderness and cooking loss / S. Ardicli [et al.] //Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society. - 2018. – vol. 69. – No. 3. – C. 1077-1087. DOI:10.12681/jhvms.18879
17.Detection of selection signatures in dairy and beef cattle using high-density genomic information / F. Zhao [et al.] //Genetics Selection Evolution. 2015. Vol. 47. No. 1. pp. 1-12. DOI:10.1186/s12711-015-0127-3
18.Associations between LEP, DGAT1 and FABP4 gene polymorphisms and carcass and meat traits in Nelore and crossbred beef

cattle / R.A.Curi [et al.] //Livestock Science. – 2011. – Vol. 135. – no. 2-3. – C. 244-250. DOI:10.1016/j.livsci.2010.07.013
19.Effects of DGAT1 gene on meat and carcass fatness quality in Chinese commercial cattle / Z. Yuan [et al.]//Molecular Biology Reports. – 2013. – Vol. 40. – C. 1947-1954. DOI: 10.1007/s11033-012-2251-2
20.Association analysis of single nucleotide polymorphisms in DGAT1, TG and FABP4 genes and intramuscular fat in crossbred Bos taurus cattle / L. Pannier [et al.]//Meat science. – 2010. – T. 85. – №. 3. – P. 515-518. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.02.025
21.CAPN1, CAST, and DGAT1 genetic effects on preweaning performance, carcass quality traits, and residual variance of tenderness in a beef cattle population selected for haplotype and allele equalization / JrR.G. Tait [et al.] //Journal of animal science. – 2014. – T. 92. – №. 12. – P. 5382-5393. DOI: 10.2527/jas.2014-8211
22.Assessment of DGAT1 and LEP gene polymorphisms in three Nelore (Bos indicus) lines selected for growth and their relationship with growth and carcass traits / F.R.P. Souza [et al.] //Journal of Animal Science. – 2010. – T. 88. – №. 2. – P. 435-441. DOI:10.2527/jas.2009-2174
23.The impact of diacylglycerol O-acyltransferase 1 gene polymorphism on carcass traits in cattle / A. Trakovicka [et al.] //Journal of Central European Agriculture. – 2019. – Vol. 20. – No. 1. – pp. 12-18. DOI:10.5513/JCEA01/20.1.2411
24.Primer designing tool. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/. (Accessed 4.08.2022).
25.Association of five candidate genes with fatty acid composition in Korean cattle / D. Maharani [et al.]//Molecular biology reports. – 2012. – Vol. 39. – pp. 6113-6121. DOI: 10.1007/s11033-011-1426-6
26.DNA polymorphisms in bovine fatty acid synthase are associated with beef fatty acid composition 1 / S. Zhang [et al.] //Animal genetics. – 2008. – Vol. 39. – No. 1. – pp. 62-70. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2007.01681.x

УДК: 636.22/28.082.453.52/53
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.413

ПОКАЗАТЕЛИ НАТИВНОГО И ЗАМОРОЖЕННО-ОТТАЯННОГО СЕМЕНИ У БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СИММЕНТАЛЬСКОЙ И МОНБЕЛЬЯДСКОЙ ПОРОД

Абилов А.И. – д-р биол. наук, проф., гл. науч. сотр.; **Новгородова И.П. –** канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории клеточной инженерии; **Прытков Ю.А.** – канд. биол. наук, науч. сотр. лаборатории клеточной инженерии.

Федеральный исследовательский центр животноводства ВИЖ им. Л.К. Эрнста

*ahmed.abilov@mail.ru

Ключевые слова: *спермопродукция, быки-производители, селекционная направленность, порода, брак семени.*

Keywords: *sperm production, breeding bulls, selection orientation, breed, defective semen.*

Финансирование. *Работа выполнена в рамках государственного задания при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Минобрнауки РФ по теме FGGN-2024-0014.*

Поступила: 06.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Качество семени является основным параметром оценки быков-производителей. Замораживание спермы рассматривают как основной способ сохранения животных, имеющих определенные воспроизводительные способности. Цель исследования заключалась в изучении количественных и качественных показателей нативного и замороженно-оттаянного семени у быков-производителей в зависимости от направления селекции. Исследования было проведено на базе АО «ГЦВ» Московской области г.о. Подольск на 3 группах быков в количестве 12 голов: быках симментальской породы молочного направления (n=4) и мясного направления (n=4) и быках монбельярдской породы молочного направления (n=4). В общей сложности было проанализировано 477 взятий, из них у мясных симменталов 173 взятия (число взятий в группе варьировало от 41 до 46); 160 взятий по симменталам молочной направленности (число взятий в группе варьировало от 32 до 46) и 144 взятий по монбельярдской породе (число взятий в группе варьировало от 29 до 47). Установлено, что брак эякулятов нативного семени у быков мясной направленности в среднем составил 22,7%, число фертильных сперматозоидов 32,6%, в то же время процент бракованных эякулятов у молочных быков-производителей симментальской породы составил в среднем 12 %, процент фертильных сперматозоидов на уровне 44,6 %. Аналогичные показатели были получены у быков монбельярдской породы и составили 8,2 % т 53,6 %, соответственно. Потери семени на одного быка в больше всего было у мясных симментальских (9 808 доз). У монбельярдов данный показатель составил 3 795 доз. На достоверном уровне доза замороженного семени на 1 эякулят у быков симментальской породы молочной направленности составило 236 доз и у мясной направленности - 201 доза (при $P<0,05$). Установлены также индивидуальные особенности у быков во всех группах.

ВВЕДЕНИЕ/ INTRODUCTION

Высокоценное потомство племенных быков-производителей позволит увеличивать продукцию животноводства по многим параметрам. Искусственное осеменение направлено на улучшение генетического потенциала животных, повышение продуктивности маточного пологовья (высокая адаптационная способность, устойчивость к заболеваниям и т.д.) [9]. Оценку быков-производителей в промышленном скотоводстве проводят по качеству семени [1, 6, 7 , 8]. К основным воспроизводительным способностям быков-производителей относятся количественные и качественные показатели спермы [10]. На искусственное осеменение маточного поголовья большое влияние оказывает качество быков-производителей. Репродуктивная функция является важнейшей составляющей в воспроизводстве. Именно, поэтому, воспроизводительные способности быков-производителей оценивают по половой активности и качеству семени [2].

Замораживание спермы позволяет поддерживать породы крупного рогатого скота с определенным генотипом, приростом живой массы, хорошими воспроизводительными способностями [4]. Для повышения продуктивности в скотоводстве создаются новые породы и типы специализированного направления [5, 3].

Цель исследования заключалась в изучении количественных и качественных показателей нативного и замороженно-оттаянного семени у быков-производителей в зависимости от селекционной направленности.

Новизна данной работы заключалась в том, что впервые были установлены причины высокого уровня брака семени у мясных пород, который связан с селекционной направленностью у мясного скота.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Материал для анализа данного исследования были представлены племслужбой АО « ГЦВ» Московской области за 2016 г. Работа выполнена на 12 быках-производителях в возрасте 2-4 года. Все быки-производители были разбиты на три группы по 4 головы в каждой: I группа – симментальская порода мясной направленности, II группа – симментальская порода молочной направленности, III группа – монбельярдская порода молочной направленности.

Были проанализированы активность эксплуатации быков-производителей по взятию семени, числу взятия (n), число браков нативного семени (n), общее количество эякулятов, соответствующих технологическим регламентам (т.е. нормальные эякуляты с активностью сперматозоидов в нативном семени 7 и выше баллов, с концентрацией 0,8 млрд/мл и выше). Были вычислены общее количество сперматозоидов в эякуляте (млрд), из них общее количество активных сперматозоидов (млрд), число изученных сперматозоидов в течение года от каждого быка (млрд), количество сперматозоидов в выбракованных нативных эякулятах (млрд), число фертильных сперматозоидов, число неполноценных сперматозоидов в год (млрд), процент фертильных сперматозоидов в год на каждого отдельно взятого быка-производителя.

На первом этапе анализа все вышеуказанные параметры были изучены у каждого быка в отдельности, а затем в составе группы.

Также был проведен перерасчет предполагаемых потерь семени на основании выбракованного нативного семени и после замораживания-оттаивания за счет низкого уровня активности в дозе меньше 40%.

Экспериментальные данные были обработаны с использованием программы SPSS Statistics. Достоверность отличий оценивали по t-критерию Стьюдента (статистически значимые при $P \leq 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В ходе исследовательской работы нами были изучены некоторые показатели нативного семени среди полноценных и бракованных эякулятов у быков-производителей в зависимости от индивидуума у разных пород и разной селекционной направленности.

Данные спермопродукции быков-производителей симментальской породы мясной направленности представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

На рисунке 1 представлены индивидуальные отличия быков-производителей симментальской породы мясной направленности по некоторым позициям. Число взятий у всех изучаемых нами быков были сходными и варьировали между 41-46. То есть график взятия семени у всех был схожим. Однако, полученные эякуляты имели очень различные данные по качеству нативного семени. Брак нативного семени у быка Радмира составил 87,8%, Рамстора 86,4%, Руслана 28,6% и Рагдая 10,9%. То есть брак нативного семени только у быка Рагдая имела меньший процент.

Общее число сперматозоидов в эякуляте варьировало от 4,3 до 5,5 млрд. Сравнительно низкое число сперматозоидов регистрировалось у быков, имеющих большой процент брака нативного семени. Так у Рамстора 4,48 млрд и у быка, имеющего самый низкий процент брака Рагдая 4,32 млрд. Соответственно, число активных сперматозоидов в эякуляте имело такую же тенденцию.

Число сперматозоидов в бракованных эякулятах в среднем на 1 быка варьировало от 21 млрд (бык Райдай) до 196,92 млрд (бык Радмир). За счет высокого процента брака семени в течение опытного периода научного анализа число фертильных, то есть качественных и полноценных сперматозоидов составило у быков Радмира и Рамстора были наименьшими меньше 19,15 млрд и 19,08 млрд, соответственно. В то же время у быков Рагдай и Руслан число фертильных сперматозоидов было в 5-6 раз больше и составило 124,23 и 116,4 млрд, соответственно.

Процент полноценных сперматозоидов, способных к оплодотворению ооцитов у коров находился на уровне 32,6%, в среднем на группу, имеющие существенные отличия между индивидуумами. У быков Радмира и Рамстора данные показатели составили 8,54% и 9,68%, соответственно, а у быков Рагдая и Руслана – 62,52% и 49,79%, соответственно.

Полученные данные, характеризующие индивидуальное состояние быков-производителей симментальской породы мясного направления, побудило нас к проведению аналогичных исследований у быков-производителей молочной направленности (таблица 2 и рисунок 2).

Таблица 1 – Показатели семени быков-производителей симментальской породы мясной направленности

Показатели	Быки-производители			
	Радмир	Рагдай	Руслан	Рамстор
Число взятий, n	41	46	42	44
- брак, %	87,8	10,9	28,6	86,4
-нормальные эякуляты, n	5	41	30	6
Число СНС, млрд	5,47±0,52	4,32±0,27	5,52±0,50	4,48±0,60
Число АСНС, млрд	3,83±0,77	3,03±0,19	3,88±0,35	3,18±0,42
Число НС, млрд	205,12	74,49	115,44	178,04
ФС, %	8,54	62,52	49,79	9,68

Примечание: СНС - сперматозоидов в нативном семени; АСНС - активных сперматозоидов в нативном семени; НС - неполноценных сперматозоидов.

Таблица 2 – Показатели семени быков-производителей симментальской породы молочной направленности

Показатели	Быки-производители			
	Сармат	Стибень	Зумер	Вензель
Число взятий, n	43	46	32	39
- брак, %	37,21	36,96	25,00	17,95
- норм. эякуляты, n	27	29	24	32
СНС, млрд	5,19±0,3	4,53±0,33	5,56±0,30	4,57±0,25
АСНС, млрд	3,63±0,21	3,99±0,83	3,89±0,21	3,20±0,17
Число НС, млрд	125,04	92,8	84,5	75,83
ФС, %	43,91	44,53	47,49	42,55

Примечание: СНС – сперматозоидов в нативном семени; АСНС – активных сперматозоидов в нативном семени; НС – неполноценных сперматозоидов.

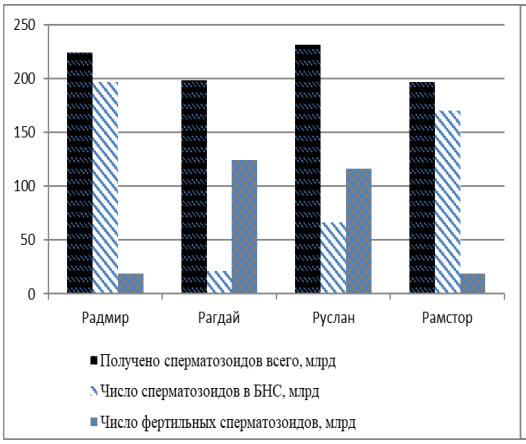


Рисунок 1 – Сперматологические показатели семени быков-производителей симментальской породы мясной направленности Примечание: БНС – бракованное нативное семя.

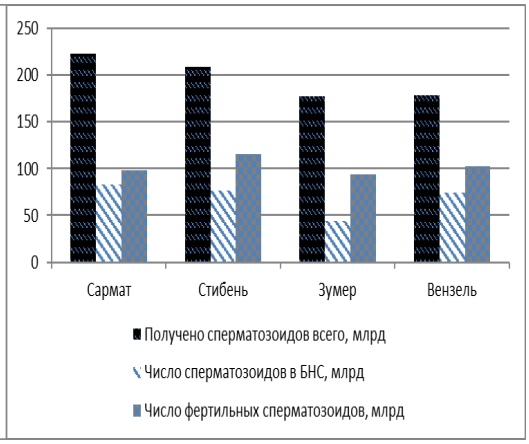


Рисунок 2 – Сперматологические показатели семени быков-производителей симментальской породы молочной направленности. Примечание: БНС - бракованное нативное семя.

Анализ таблицы 2 и рисунка 2 показывают, что число взятий у быков молочной направленности имели почти сходные показатели как у быков симментальской породы мясной направленности и варьировали от 32 до 46. Брак нативных эякулятов четырех быков находился на уровне 18-37 %. Количество сперматозоидов в бракованных эякулятах только у быка Зумер составил 44,5 млрд. У остальных быков этот показатель был намного больше и находился на уровне 74-83 млрд. Процент полноценных сперматозоидов у быков-производителей молочной направленности, способных оплодотворять яйцеклетки у коров и нетелей составил в среднем на уровне 43-47%.

На следующем этапе исследований был проведен анализ спермопродукции быков-производителей монбельярдской породы молочной направленности. Необходимость такого уровня анализа была вызвана тем, что эта порода наиболее близка к симментальской и селекционировалась французскими специалистами в

основном по молочной продуктивности (таблица 3 и рисунок 3).

Из таблицы 3 и рисунка 3 видно, что в отличие от быков-производителей симментальской породы у монбельярдской, брак нативных эякулятов в основном составляет от 13% (бык Жульен) до 28% (бык Янис), кроме быка Комфорт, у которого брак эякулятов доходил практически до 39%. Количество полученных сперматозоидов за весь год эксплуатации находилось на уровне от 155,1 млрд (бык Комфорт) до 192 млрд (бык Жульен). Общее число сперматозоидов в выбракованных эякулятах нативного семени составило 24,5 млрд (бык Жульен) и 60,62 млрд (бык Комфорт). Процент фертильных сперматозоидов, имеющих полноценность для оплодотворения, находился в диапазоне от 43 (бык Комфорт) до 61% (бык Жульен) от всего эякулированного семени. Это почти на 20% больше чем у быков молочной симментальской породы, исключая данные быка Комфорт и в 6-7 раз больше чем у некоторых быков симментальской породы мясной направленности (например, бык Радмир 8,5% и бык Рамстор 9,7%).

Анализ данных показал, что если процент фертильных сперматозоидов среди быков-производителей симментальской породы мясной направленности составляет 8,5-10%, то у быков-производитлей симментальской породы молочной направленности только у одного быка был на уровне 18,3% (бык Комфорт), а у монбельярдской - самый низкий уровень составил 43%. То есть у монбельярдских быков-производителей процент полноценных сперматозоидов, способных оплодотворять яйцеклетку был на уровне 50-61%.

Учитывая вышеизложенное, на следующем этапе мы провели сравнение средних данных между исследуемыми породами (таблица 4 и рисунок 4).

Из таблицы 4 и рисунка 4 видно, что в I группе быки-производители были использованы в течение анализируемого периода по отношению ко II группе на 7,5% и III группе на 16,8% чаще. В то же время брак эякулятов нативного семени во II и III группах был меньше и составил 47,3% и 63,7%, соответственно, по отношению к I группе (симментальская порода мясной направленности). Число сперматозоидов в бракованных эякулятах за весь период анализа у быков II группы было меньше на 38,8% и в III группе – 65% по отношению к I группе.

Число фертильных сперматозоидов в сравнении I группы со II и III группами было больше на 47% и 38%, соотвественно. Процент фертильных сперматозоидов в I группе составил 32,6%. Данный показатель во II группе доходил до 36,7% и в III группе – 64,4%.

Больше всего неполноценных сперматозоидов было получено от быков I группы, то есть от быков-производителей симментальской породы мясной направленности, который составил 143,3 млрд. В то же время этот показатель во II и III группах был меньше на 33% и 44%, соответственно.

На основании данных полученных аналитических материалов был проведен пересчет потери доз семени на одного быка за счет выбраковки нативных эякулятов и выбраковки после замораживания -оттаивания за счет низкого уровня активности сперматозоидов в дозе. Данные предполагаемых потерь семени в разных группах представлены в таблице 5.

Из таблицы 5 видно, что больше всего качественных доз семени на 1 эякулят было заморожено во II группе (263 доз). В то же время у быков I и III групп этот показатель составил 201 и 210 доз, соответственно. Между II и I группами была отмечена достоверная разница на уровне $P<0,05$.

Больше всего потеря доз семени была зафиксирована у быков мясной направленности симментальской породы (I группа) и составила 9 809 доз семени на одного быка. Это больше на 2 203 дозы по отношению ко II группе и 6 013 доз по отношению к III группе (монбельярдская порода).

Таблица 3 – Сперматологические показатели семени быков-производителей монбельярдской породы молочной направленности

Показатели	Быки-производители			
	Янис	Джейсон	Жульен	Комфорт
Число взятий, n	32	29	47	36
- брак, %	28,12	13,79	12,77	38,89
- норм. эякуляты, n	23	25	41	22
СНС, млрд	5,31±0,31	6,58±0,38	4,08±0,22	4,33±0,38
АСНС, млрд	3,71±1,22	4,60±0,27	2,86±0,15	3,03±0,27
Число НС, млрд	84,00	75,82	74,50	88,42
ФС, %	50,2	60,27	61,15	42,98

Примечание: СНС – сперматозоидов в нативном семени; АСНС – активных сперматозоидов в нативном семени; НС – неполноценных сперматозоидов.

Таблица 4 – Средние показатели эякулятов у быков-производителей в сравнительном аспекте

Показатели	I	II	III	Разница отношений I группы, %	
				II	III
Число взятий, n	43,25±1,11	40,00±3,02	36,0±3,94	< 7,5	<16,8
Из них брак, n	22,75±8,36	12,00±2,61	8,25±2,17	<47,3	<63,7
СНС, млрд	5,21±0,25	5,41±0,16	5,07±0,57	>3,84	<2,7
АСНС, млрд	3,65±0,18	3,91±0,11	3,55±0,40	>7,1	<2,7
Число НС, млрд	143,27±29,64	94,54±10,74	80,86±3,33	<34,0	<43,6
ФС, %	32,63±13,83	44,62±1,04	53,65±4,34	>36,7	>64,4

Примечание: СНС – сперматозоидов в нативном семени; АСНС – активных сперматозоидов в нативном семени; НС – неполноценных сперматозоидов.

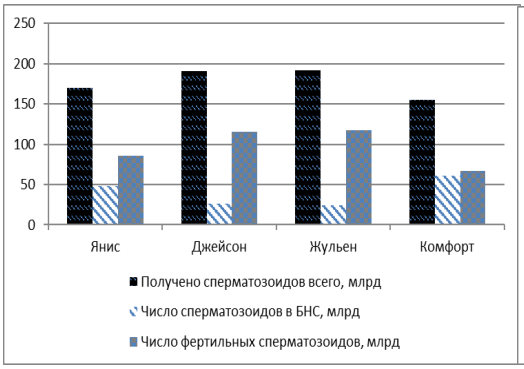


Рисунок 3 – Сперматологические показатели семени быков-производителей монбельярдской породы молочной направленности. Примечание: БНС – бракованное нативное семя.

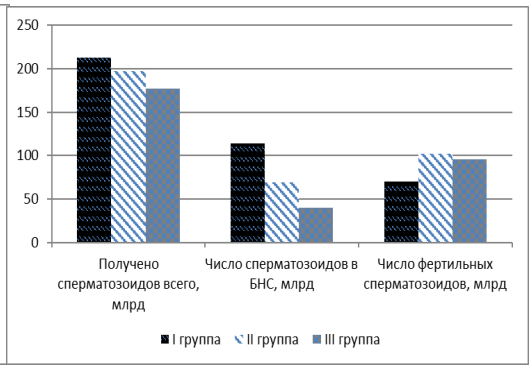


Рисунок 4 – Сравнительный аспект средних сперматологических показателей эякулятов у быков-производителей симментальской и монбельярдской пород. Примечание: БНС – бракованное нативное семя .

Таблица 5 – Потери семени у быков-производителей в зависимости от селекционной направленности

Показатели	I	II	III
Кол-во взятий для анализа, n	129	214	111
Заморожено доз на 1 эякулят, n	201,1±8,7	236,5±8,1**	210,3±9,7
Потери доз на 1 быка (за счет брака нативного семени), n	4453	3637	1735
Потери доз после замораживания-оттаивания, n	5355	3938	2060
Потери всего, n	9808	7575	3795

** P<0,05.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, выявлено, что уровень брака нативного семени у быков-производителей мясного скота связан с селекционной направленностью. Необходимо разработать способ, влияющий на повышение качественных показателей семени и устойчивость к криоконсервации спермы быков мясного направления.

INDICATORS OF NATIVE AND FROZEN-THAWED SEMEN IN BREEDING BULLS OF THE SIMMENTAL AND MONTBELIARDE BREEDS

Abilov A.I. – Chief Researcher, Doctor of Biological Sciences, Professor; **Novgorodova I.P. –** Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences, Cell Engineering Laboratory; **Prytkov Yu.A.** – Researcher, Candidate of Biological Sciences, Cell Engineering Laboratory.

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst 2 AO «GCV».

* ahmed.abilov@mail.ru

Financing. *The work was carried out within the framework of the state assignment with the financial support of fundamental scientific research of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation on the topic FGGN-2024-0014.*

ABSTRACT

Semen quality is the main parameter for evaluating sires. Sperm freezing is considered the main method for preserving animals with certain reproductive capabilities. The aim of the study was to investigate the quantitative and qualitative parameters of native and frozen-thawed semen in sires depending on the selection direction. The study was conducted at the base of JSC "GCV" in the Moscow Region, Podolsk, on 3 groups of bulls in the amount of 12 heads: Simmental bulls of the dairy direction (n=4) and meat direction (n=4) and Montbéliarde bulls of the dairy direction (n=4). A total of 477 samples were analyzed, including 173 samples from meat Simmentals (the number of samples in a group varied from 41 to 46); 160 samplings of dairy Simmentals (the number of samplings in a group varied from 32 to 46) and 144 samplings of Montbéliarde (the number of samplings in a group varied from 29 to 47). It was found that the defective ejaculates of native semen in beef bulls averaged 22.7%, the number of fertile spermatozoa 32.6%, while the percentage of defective ejaculates in dairy sires of the Simmental breed averaged 12%, the percentage of fertile spermatozoa at the level of 44.6%. Similar indicators were obtained in Montbéliarde bulls and amounted to 8.2% and 53.6%, respectively. Semen losses per bull were greatest in beef Simmentals (9,808 doses). In Montbéliardes, this figure was 3,795 doses. At a reliable level, the dose of frozen semen per 1 ejaculate in Simmental bulls of dairy orientation was 236 doses and in beef orientation - 201 doses (at $P < 0.05$). Individual characteristics were also established in bulls in all groups.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Баранов, А. В. Проблемы сохранения биоразнообразия в животноводстве // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 9. – С. 21-23.

2.Карпеня, М. Взаимосвязь некоторых факторов с репродуктивной функцией быков-производителей // Зоотехническая наука Беларуси. – 2021. – №56(1). – С. 59-65.

3.Ким, Н. А. Влияние быков-производителей разных линий на мясные качества потомства / Н.А. Ким, О.Л. Янкина, А.Н. Приходько // Аграрный вестник Приморья. – 2021. – №2 (22). – С. 39-44.

4.Макаев, Ш. А. Результаты использования глубокозамороженной спермы быков-производителей в мясном скотоводстве / Ш.А. Макаев, Н.П. Герасимов, Р.Ш. Тайгузин. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – №4 (66). – С. 154-156.

5.Руденко, О. В. Сезонные изменения воспроизводительной способности быков -производителей / О.В. Руденко, М. Алмохаммед // Вестник БГАУ. – 2020. – №3. – С. 74-80.

6.Самусенко, Л. Д. Молочная продуктивность коров в зависимости от их линейной принадлежности // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – № 2. – С. 30-31.

7.Самусенко, Л. Д. Влияние генетических факторов на селекционные признаки черно-пестрого скота // Зоотехния. – 2012. – № 10. – С. 4-6.

8.Самусенко, Л. Д. Биотехнологические показатели спермопродукции быков-производителей крупного рогатого скота молочных пород / Л.Д. Самусенко, Е.С. Морозова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №6. – С. 101-105.

9.Стекольников, А. А. Сравнительный анализ показателей качества спермы быков-производителей холмогорской породы с различной долей кровности по голштинской породе / А.А. Стекольников, О.Г. Шараськина, М.А. Ладанова, В.А. Олонцев // Вопросы нормативно-правового урегулирования. – 2019. – №3. – С. 172-175.

10.Туратбекович, Ж. К. Количественные и качественные показатели спермопродукции у быков-производителей / Ж.К. Туратбекович, А.А. Халмурзаевич. // Эффективное животноводство. – 2017. – №5 (135). – С.24.

REFERENCES

1. Baranov, A.V. Problems of preserving biodiversity in livestock farming // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2011:9:21-23. (In Russ.)

2. Karpenya, M. Interrelation of some factors with the reproductive function of bulls // Zootechnical Science of Belarus. 2021:56 (1):59-65. (In Russ.)

3. Kim, N.A. Influence of sires of different lines on the meat quality of offspring / N.A. Kim, O.L. Yankina, A.N. Prikhodko // Agrarian Bulletin of Primorye. 2021:2 (22):39-44. (In Russ.)

4. Makaev, Sh. A. Results of using deep-frozen semen of bulls in beef cattle breeding / Sh.A. Makaev, N.P. Gerasimov, R.Sh. Tayguzin. // News of the Orenburg State Agrarian University. 2017: 4 (66):154-156. (In Russ.)

5. Rudenko, O.V. Seasonal changes in the reproductive capacity of bulls / O.V. Rudenko, M. Almohammed // Bulletin of BSAU. 2020:3:74-80.

6. Samusenko, L. D. Milk productivity of cows depending on their linear affiliation // Dairy and meat cattle breeding. 2011:2:30-31. (In Russ.)

7. Samusenko, L. D. The influence of genetic factors on the selection characteristics of black and white cattle // Zootechnics. 2012:10:4-6. (In Russ.)

8. Samusenko, L.D. Biotechnological indicators of sperm production of dairy cattle sires / L.D. Samusenko, E.S. Morozova // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018:6:101-105. (In Russ.)

9. Stekolnikov, A.A. Comparative analysis of sperm quality indicators of bulls of the Kholmogory breed with different blood shares according to the Holstein breed / A.A. Stekolnikov, O.G. Sharaskina, M.A. Ladanova, V.A. Olontsev // Issues of legal regulation. 2019: 3:172-175.

10. Turatbekovich, Zh.K. Quantitative and qualitative indicators of sperm production in sires / Zh.K. Turatbekovich, A.A. Khalmurzaevich. // Effective livestock farming. 2017:5 (135):24. (In Russ.)

УДК: 639.3.034:636.8
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.421

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЭМБРИОНОВ КОШАЧЬИХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ ПОСЛЕ ОВАРИОЭКТОМИИ

Хуснетдинова Н.Ф. [1] * – канд. биол. наук, доц. каф. физиологии, фармакологии и токсикологии животных (0000-003-3092-248X); **Колядина Н.И.** [2] – канд. ветеринар. наук, руководитель центра репродукции и неонатологии (0000-0002-1330-0526); **Позябин С.В.** [1] – д-р ветеринар. наук, зав. каф. ветеринарной хирургии (0000-0003-1296-2840); **Ромидонов А.Б.** [1] – асп. каф. ветеринарной хирургии; **Ромидонов В.Б.**[1] – студ.

[1] ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА им. К.И. Скрябина
[2] ЛДВЦ МВА

*vet-doc@bk.ru

Ключевые слова: *кошки, самки, донор, сперма, ооцит, зигота, бластомер, эмбрион, оплодотворение, хетчинг, вспомогательные репродуктивные технологии, in vivo, ex vivo, in vitro, витрификация.*

Key words: *cats, females, donor, sperm, oocyte, zygote, blastomere, embryo, fertilisation, hatching, assisted reproductive technologies, in vivo, ex vivo, in vitro, vitrification.*

Поступила:03.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В настоящее время ВРТ развиваются быстрыми темпами у многих видов животных. Выделение ОКК из ткани яичника дает возможность получения in vitro эмбрионов для дальнейшего их культивирования. Соответственно, культивирование эмбрионов in vitro, дает шансы получать потомство у животных даже после их гибели. Использование гамет домашних кошек в качестве модели, позволяет усовершенствовать технику получения эмбрионов, которая может быть применима и к диким животным семейства кошачьих, находящихся под угрозой исчезновения. Целью нашего исследования служило: используя яичники кошек после проведения плановой овариогистерэктомии, оценить критичность температурного режима и временного интервала при транспортировке гонад в лабораторию до выделения ОКК. Параметром оценки служил процент получения ооцитов на стадии MII, эмбрионов на стадии морулы и бластоцисты. Метод получения ОКК, культивирование ооцитов и эмбрионов был одинаков во всех группах. Результаты показывают, что лучшие значения достигнуты при поступлении яичников в лабораторию при температуре 25 °C и взятии их в работу в течение от 1 часа до 4 часов, а увеличение времени и снижение температуры негативно влияет на компетентность к развитию ОКК. Исследование проведено на материале, полученном при плановой овариогистерэктомии 12 кошек и орхидэктомии 5 котов. В результате работы модифицирована, применительно к кошачьим, методика транспортировки гонад в лабораторию, позволяющая получить достаточное количество ОКК для последующего культивирования и оплодотворения in vitro. Разработана

технология коллекционирования ооцитов и сперматозоидов кошачьих. Усовершенствован способ проведения ЭКО и культивирования эмбрионов. На основании проведенных исследований, разработан алгоритм получения качественных эмбрионов кошачьих как для дальнейшего эмбриотрансфера, так и для проведения витрификации.

Сокращения: ОКК – ооцит-кумулюсный комплекс, ЭКО - экстракорпоральное оплодотворение, ВРТ - вспомогательные репродуктивные технологии, ОВГЭ – овариогистерэктомия.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В настоящее время многие виды кошачьих имеют малочисленные популяции или вовсе находятся под угрозой исчезновения. Домашнюю кошку можно рассматривать как исследовательскую модель при разработки вспомогательных репродуктивных технологий для представителей семейства кошачьих, находящихся под угрозой исчезновения. ВРТ развиваются высокими темпами у всех видов животных и являются важным инструмент для сохранения видов, в том числе и кошачьих. Ооцит - кумулюсный комплекс (ОКК) можно выделить непосредственно из тканей яичников для получения гамет как прижизненно, так сразу после смерти животного. Это позволяет не только сохранить генетический материал, но и получать потомство от данных особей даже после их гибели. Использование яичников от животных после проведения плановой овариогистерэктомии является доступным источником ОКК для отработки технологии культивирования ооцитов и эмбрионов. В данной работе мы стараемся повысить эффективность in vitro созревание ооцитов, проведения ЭКО, культивирования эмбрионов до стадии выхода бластоцист из их блестящей оболочки (хетчинга). Эффективность получения и выращивания эмбрионов in vitro зависит от методики каждого этапа: 1) дозревания ооцитов; 2) in vitro оплодотворения; 3) культивирования эмбрионов [8,9]. Однако, не менее важными условиями являются способы и время доставки материала до лаборатории. В работах, проведенных на крупном рогатом скоте, показано, что транспортировка яичников в лабораторию оказывает серьезное влияние на качество ооцитов с точки зрения ядерного созревания и способности к развитию эмбрионов после культивирования ооцитов и оплодотворения.[1] Влияние оказывают: температурный режим, сроки поставки, состав транспортной среды. Исходя из литературных данных между видами животных по чувствительности ооцитов к условиям транспортировки имеются различия. Так, например, у мышей хранение яичников при 4°C в течение до 24 часов существенно не влияет на качество зрелых гамет [2], а у коров хранение яичников при 4 °C до 24 часов вовсе не приводит к развитию бластоцист [3]. При этом у коров, когда их яичники хранят при 25°C, ооциты обладают более высокой способностью к развитию, чем ооциты, полученные из яичников, хранившихся при 37 °C [4]. Хранение тканей яичников лошадей при 25 и 35 °C в течение 5–8 ч и 3–15 ч соответственно, не влияет на мейотическую компетентность ооцитов, но более низкая температура (4 °C) была пагубной по сравнению с комнатной температурой [5]. Хранение яичников лошадей при комнатной температуре более 5 часов увеличивает апоптоз гранулезных клеток [4]. Ооциты свиней, собранные из яичников, хранившихся при температуре 15 °C или ниже в течение 6 ч, не могли достичь стадии MII. А долгосрочное хранение (12 ч и более) яичников в теплых условиях (35 °C) увеличивает процент ооцитов свиней с фрагментированными ДНК ядрами и снижает скорость созревания ооцитов [6]. По представителям кошачьих есть немногочисленные работы, но их данные разрозненные и в большинстве случаев исследования обрываются на стадии дозревания ооцитов, без дальнейшей культивации. Так, показано, что ооциты кошек, извлеченные из яичников, хранившихся при 4 °C в течение до 72 ч, способны поддерживать мейотическую компетентность [7]. Цель нашего исследования состояла в следующем: в

зависимости от сроков поступления материала в лабораторию оценить in vitro созревание ооцитов домашних кошек, осуществить их дальнейшее оплодотворение (получение зигот), провести культивирование эмбрионов до стадии бластоциста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Работа выполнена на базе Лечебно-диагностического ветеринарного центра Московской ветеринарной академии (ЛДВЦ МВА), ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА им. К.И. Скрябина, Москва.

Поиск ОКК и оценку сперматозоидов проводили с помощью стереоскопического микроскопа (Nikon, Япония). Микроскопическую оценку эмбрионов проводили при помощи инвертированного микроскопа Olympus IX73 (Япония). Культивирование эмбрионов проводили в инкубаторе WTA (Бразилия). Центрифугирование спермы проводили на центрифуги Elmi CM-6MT(Латвия)

Работа проведена на 5 половозрелых клинически здоровых котов и 12 кошек.

Коллекция яичников

Яичники домашней кошки получали после плановой овариогистерэктомии, проведенной лапаротомическим доступом. Гонады собирали от кошек в возрасте от 1 до 1,5 лет с марта по май 2024 г. Яичники в лабораторию транспортировали в растворе Дюльбекко (Панэко, Россия) с ампициллином (10 000 МЕ/мл), стрептомицином (10 000 мкг/мл) и амфотерицином (25 мкг/мл) в лабораторию в течение 30 мин после их извлечения. Далее часть яичников использовалась сразу в работе, часть помещалось в холодильник +4°С до 24 часов.

Сбор ооцитов и их созревание

Ооцит кумулюсные комплексы (ОКК) получали путем микродиссекции яичников в чашках Петри со средой ТС-199, модифицированной гентамицином, гепарином и бычьим сывороточным альбумином при комнатной температуре. Поиск ОКК осуществлялся с помощью стереоскопического микроскопа (Nikon, Япония). В дальнейшем только ОКК с тремя и более слоями гранулезных клеток, однородно темной цитоплазмой и со сферической неповрежденной мембраной были использованы в работе. Ооциты, у которых наблюдалась дегенерация, или иные отклонения от нормы во время сбора или через 24 часа, не были включены в анализ. ОКК переносили в 500 мкл среды под минеральным маслом. Культивирование проводили в инкубаторе при температуре 38,5 °С, 5% CO2 в течение 24 часов. Среду для созревания предварительно уравновешивали в течение 2 часов.

Подготовка спермы кота.

Эпидимальные сперматозоиды получали из придатков семенников от 5 котов в возрасте 8-12 месяцев после плановой орхидэктомии. Сперму центрифугировали при 400 g x 5 минут для осаждения спермы. Сперматозоиды ресуспендировали в модифицированной среде, затем инкубировали в пробирках, в концентрации 0,5 x 10.6 сперматозоидов/мл при 38,5 °С с 5% CO2. Для оценки параметров подвижности 25 мкл сперматозоидов наносили пипеткой в предварительно нагретую камеру Маклера и наблюдали под фазово-контрастным микроскопом. (Nikon, Токио. Япония).

Проведение процедуры ЭКО

Подготовленные сперматозоиды добавляли к ооцитам в капельке объемом 100 мкл в конечной концентрации 0,5 млн сперматозоидов/мл. Гаметы инкубировали совместно в течение 18 часов при 38,5 °С и 5% CO2, 5% O2 и 90% N2 во влажной камере.

Культивирование

Через 18 часов предполагаемые зиготы промывали осторожным пипетированием в свежей среде для удаления слабо прикрепленных сперматозоидов и/или кумулюсных клеток, затем переносили в отдельные капли по 50 мкл, предварительно уравновешенные под минеральном маслом для эко. Дробление эмбрионов оценивали через 24, 48 и 120 часов после ЭКО.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Всего в результате работы было собрано 273 ОКК. Стадии MII достигло 208 ооцита. Из них те ОКК, которые были

взяты в работу через час после ОВГЭ 70 bp 78 (89,7%), через 4 часа после ОВГЭ 120 из 144 (83%) и через 24 часа после ОВГЭ 18 bp 51 (35%).

То есть, более высокий процент ооцитов, возобновивших мейоз и достигших стадии MII в группе, где яичники были взяты непосредственно сразу после ОВГЭ, однако стадии MII достигли и те ооциты, чьи яичники хранились 24 часа при +4 °С. А также, стадии бластоциста достигли и те ооциты, чьи яичники хранились при +4°С в течение 24 часов.

Стадии морулы достигло 67 эмбрионов (32,2%). Из них те ОКК, которые были взяты в работу через час после ОВГЭ - 34 (48,6% от достигших стадии MII), через 4 часа после ОВГЭ - 24 (20%), через 24 часа после ОВГЭ - 9 (50%). Стадии бластоцисты достигло 35 эмбрионов, что составляет 16,8% от созревших ооцитов. Из них: те ОКК, которые были взяты в работу через час после ОВГЭ - 19 бластоцист, что составило 55,6 % от морул, через 4 часа после ОВГЭ получено 12 бластоцист - 50% от морул, и 4 бластоцисты через 24 часа после ОВГЭ.

ОКК, выделенные через час после плановой ОВГЭ, превосходят по способности развиваться in vitro по сравнению со всеми другими выделенными ОКК (полученными в отсроченное время).

На основании сравнения выхода бластоцист, относительно времени и условий доставки материала, самым эффективным зарекомендовал способ получения ОКК при доставке гонад в лабораторию в течение 1 часа при температуре 25 °С в специально подготовленных и обогащенных средах.

Таблица 1 – Развитие эмбрионов домашней кошки после ЭКО, в зависимости от условий транспортировки яичников

Условия транспортировки	Кол-во ОКК	MII	морула	бластоциста
1 час 25 °С	78	70 (89,7%)	34 (48,6%от MII) 43,6% от ОКК	19(55,6% от морул) 24% от ОКК
4 часа 25 °С	144	120 (83%)	24 (20% от MII) 16,7% от ОКК	12 (50% от морул) 8,3% от ОКК
24 часа 4 °С	51	18 (35%)	9 (50% от MII) 17% от ОКК	4 (44,4% от морул) 7,8% от ОКК

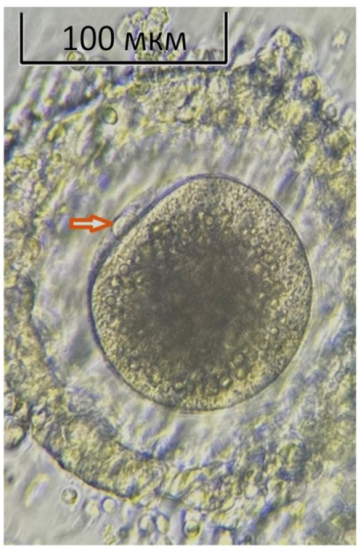


Рисунок 1 – Полученный зрелый ооцит кошки на стадии метафазы 2 (MII). Стрелкой отмечено первое полярное тельце. Увеличение х 400.

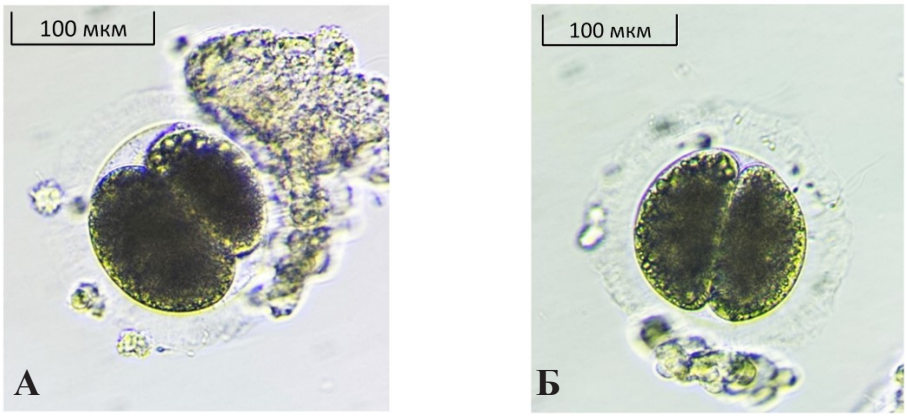


Рисунок 2 – Эмбрионы кошки, полученные при культивировании. Зиготы на стадии двух бластомеров (а, б). Увеличение х 400.

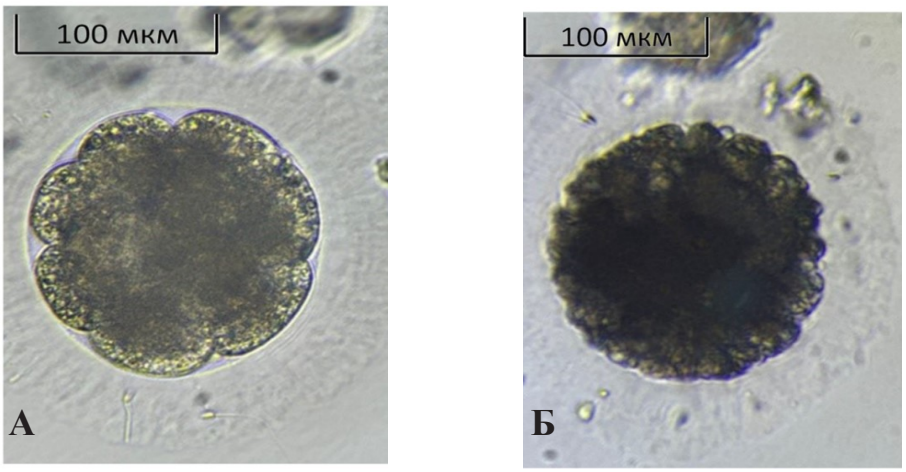


Рисунок 3 – Эмбрионы кошки, полученные при культивировании. а) стадия 16 клеточного эмбриона 3 сутки. б) стадия морула -4 сутки развития. Увеличение х 400.



Рисунок 4 – Эмбрион кошки, полученный при культивировании. Стадия бластоциста 5 сутки развития. Увеличение х 400.

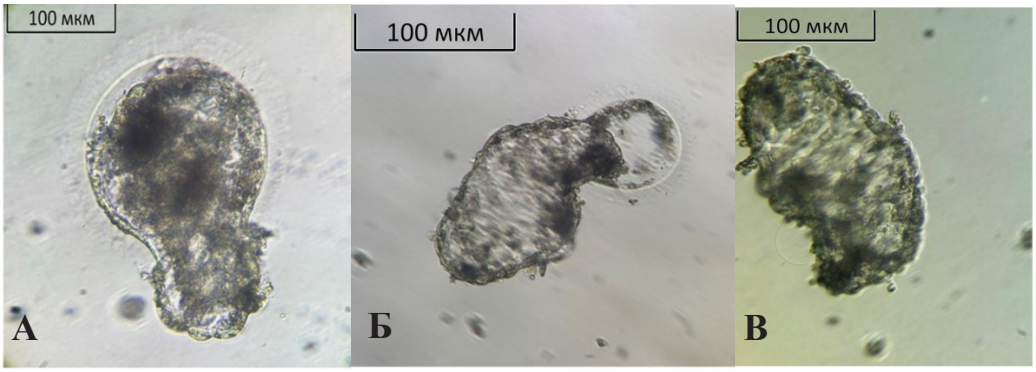


Рисунок 5 – Эмбрион кошки, полученный при культивировании. а), б) бластоциста совершает хетчинг- выход из блестящей оболочки. 6-7 сутки развития. в) - бластоциста, полностью вышедшая из блестящей оболочки, 8 день развития.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Получение ОКК, ооцитов и сперматозоидов кошачьих является одним из важнейших звеньев в проведении ЭКО и культивации эмбрионов. А получение эмбрионов нужной стадии дробления, в свою очередь, имеет фундаментальное значение для проведения последующей их трансплантации, либо сохранения путем витрификации. Эта технология даёт новые возможности в применении ВРТ для сохранения редких и исчезающих пород из семейства кошачьих.

EFFICIENCY OF METHODS OF CULTIVATION OF FELINE EMBRYOS DEPENDING ON THE TERMS OF THEIR OBTAINING AFTER OVARIOECTOMY

Khusnetdinova N.F.* [1] – Candidate of Biology Science, Associate Professor of the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology of Animals; **Kolyadina N.I.** [2] – Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Centre of Reproduction and Neonatology; **Pozyabin S.V.** [1] – Doctor of Veterinary Science, Head of the Department of Veterinary Surgery; **Romidonov A.B.** [1] – postgraduate student of the Department of Veterinary Surgery; **Romidonov V.B**.[1] – student.

[1] Federal state budgetary educational institution of higher education MSAVMiBMVA named after K.I. Skryabin

[2] LDVC MVA

*vet-doc@bk.ru

ABSTRACT

Currently, ART is developing rapidly in many animal species. The isolation of OCC from ovarian tissue makes it possible to obtain in vitro embryos for further culturing. Accordingly, culturing embryos in vitro, gives chances to obtain offspring in animals even after their death. Using the gametes of domestic cats as a model, it is possible to improve the technique of obtaining embryos, which can be applied to wild animals of the endangered feline family. The aim of our study was: using cat ovaries after routine ovariohysterectomy, to evaluate the criticality of the temperature regime and time interval during transportation of gonads to the laboratory prior to OCC isolation. The evaluation parameter was the percentage of oocytes at the MII stage, embryos at the morula and blastocyst stage. The method of obtaining OKCs, culturing oocytes and embryos was the same in all groups. The results show that the best values were achieved when the ovaries were received in the laboratory at a temperature of 25 °C and taken for 1 hour to 4 hours, while the increasing the time and decreasing the temperature negatively affects the competence to develop OCC. The study was carried out on the material obtained during scheduled ovariohysterectomy of 12 female cats orchidectomy of 5 male cats. As a result of the work, the technique of transportation of gonads to the laboratory was modi-

fied for felines, allowing to obtain a sufficient number of OCCs for subsequent culturing and fertilization in vitro. The technology of collecting feline oocytes and spermatozoa has been developed. The method of IVF and embryo culturing was improved. Based on the conducted research, an algorithm for obtaining quality feline embryos both for further embryotransfer and vitrification is developed.

Abbreviations: OCC - oocyte cumulus complex, IVF - in vitro fertilisation, ART - assisted reproductive technologies, OVHE - ovariohysterectomy.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Шульгин И.К., Ротарь Л.Н., Шульгина В.Д. Сравнение методик выделения ооцит -кумулюсных комплексов из яичников животных после овариоэктомии // Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных. 2023. P. 114–120.
2.Kamoshita K. et al. Investigation of in vitro parameters and fertility of mouse ovary after storage at an optimal temperature and duration for transportation // Hum. Reprod. 2016. Vol. 31, № 4. P. 774–781.
3.Matsushita S. et al. Effect of low-temperature bovine ovary storage on the maturation rate and developmental potential of follicular oocytes after in vitro fertilization, parthenogenetic activation, or somatic cell nucleus transfer // Anim. Reprod. Sci. 2004. Vol. 84, № 3–4. P. 293–301.
4.Pedersen H.G., Watson E.D., Telfer E.E. Effect of ovary holding temperature and time on equine granulosa cell apoptosis, oocyte chromatin configuration and cumulus morphology // Theriogenology. 2004. Vol. 62, № 3–4. P. 468–480.
5.Love L.B. Effect of ovary storage and oocyte transport method on maturation rate of horse oocytes // Theriogenology. 2003. Vol. 59. P. 765–774.
6.Wongsrikeao P. Effects of Ovary Storage Time and Temperature on DNA Fragmentation and Development of Porcine Oocytes // J. Reprod. Dev. 2005. Vol. 51, № 1. P. 87–97.
7.Wolfe B.A. Development to blastocysts of domestic cat oocytes matured and fertilized in vitro after prolonged cold storage // J. re. 1996. № 106. P. 135–141.
8. Зиновьева, Н. А. Вспомогательные репродуктивные технологии: история становления и роль в развитии генетических технологий в скотоводстве (обзор) / Н. А. Зиновьева, С. В. Позябин, Р. Ю. Чинаров // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – № 2. – С. 225-242.
9. Луканина, В.А. Сравнительное исследование результативности лапаротомического и лапароскопического методов трансплантации клонированных эмбрионов у овец / В. А. Луканина, Р. Ю. Чинаров, С. В. Позябин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 3. – С. 39-43.

REFERENCES

1. Shulgin I.K., Rotar L.N., Shulgina V.D. Comparison of techniques for isolation of oocyte-cumulus complexes from the ovaries of animals after ovarioectomy // Breeding, selection, genetics and biotechnology of animals. 2023. P. 114-120.
2. Kamoshita K. et al. Study of in vitro parameters and fertility of mouse ovary after storage at optimal temperature and duration of transport // Hum. Reprod. 2016. Vol. 31, № 4. P. 774-781.
3. Matsushita S. et al. Effect of low-temperature storage of bovine ovaries on maturation rate and developmental potential of follicular oocytes after in vitro fertilisation, parthenogenetic activation or somatic cell nuclear transfer // Anim. Reprod. Sci. 2004. Vol. 84, № 3-4. P. 293-301.
4. Pedersen H.G., Watson E.D., Telfer E.E. Effect of ovarian holding temperature and time on equine granulosa cell apoptosis, oocyte chromatin configuration and cumulus morphology // Theriogenology. 2004. Vol. 62, № 3-4. P. 468-480.
5. Love L.B. Influence of ovarian storage and oocyte transport method on the rate of maturation of horse oocytes // Theriogenology. 2003. Vol. 59. P. 765-774.
6. Wongsrikeao P. Effects of Ovary Storage Time and Temperature on DNA Fragmentation and Development of Porcine Oocytes // J. Reprod. Reprod. Dev. 2005. Vol. 51, № 1.

P. 87-97.
7. Wolfe B.A. Development to blastocyst of domestic cat oocytes matured and fertilised in vitro after prolonged cold storage // J. Re. 1996. № 106. P. 135-141.
8. Zinovieva, N. A. Auxiliary reproductive technologies: the history of formation and role in the development of genetic technologies in cattle breeding (review) / N. A. Zinovieva, S. V. Pozyabin, R. Yu Chinarov // Agricultural Biology. - 2020. - № 2. - C. 225 -242.
9 Lukanina, V. A. Comparative study of the effectiveness of laparotomic and laparoscopic methods of transplantation of cloned embryos in sheep / V. A. Lukanina, R. Y. Chinarov, S. V. Pozyabin [et al.] // Achievements of science and technology in agroindustrial complex. - 2023. - T. 37, № 3. - C. 39-43.

УДК: 636.294: 575.21
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.429

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ КОРРЕЛЯЦИЙ МЕЖДУ ЗООТЕХНИЧЕСКИМИ ПРИЗНАКАМИ У ДОМАШНИХ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ

Южаков А.А.[1] – д-р с.-х. наук, отдел животноводства и рационального природопользования Арктики (ORCHID 0000-0002-3584-8381); **Свищёва Г.Р.** [2] – канд. биол. наук, лаборатория сравнительной генетики животных (ORCHID 0000-0001-9478-267X); **Сёмина М.Т.**[2] – лаборатория сравнительной генетики животных, (ORCHID 0000-0002-9276-0407); **Столповский Ю.А.**[2] – д-р биол. наук, лаборатория сравнительной генетики животных (ORCHID 0000-0003-2537-1900); **Лайшев К.А.**[1*] – д-р ветеринар. наук, отдел животноводства и рационального природопользования Арктики (ORCHID 0000-0003-2490-6942).

[1] Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН;
[2] Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова.

[*] layshev@mail.ru

Ключевые слова: *северные олени, селекция, фенотип, фенотипические корреляции, генетические корреляции, коэффициент наследования.*

Key words: *reindeer, selection, phenotype, phenotypic correlations, genetic correlations, heritability coefficient.*

Финансирование: *Материалы подготовлены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда* № 22-16-00062 и, частично, в рамках *при финансовой поддержке Министерства образования и науки, проект FFZF-2022-0016. «Разработка фундаментальных, методологических и технологических основ увеличения производства сельскохозяйственной продукции на Северо-Западе и в Арктической зоне РФ, обеспечивающие продовольственную и экологическую безопасности регионов» – 122041900025-6.*

Благодарности: *Авторы благодарят директора Максимчика М.А. и оленеводов Ямальской опытной станции – обособленного структурного подразделения ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН за помощь в проведении фенотипических измерений и сборе генетического материала при проведении настоящего исследования.*

Поступила: 25.09.2023 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Исследования проводились с целью определения возможности использования фенотипических корреляций между признаками в качестве косвенного показателя генетических корреляций у домашних северных оленей (Rangifer tarandus L.). Оценка фенотипических показателей экстерьера и живой массы северных оленей была проведена на Ямальской опытной станции - обособленном структурном подразделении ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН. Объектом исследования была популяционная выборка из 94 взрослых

самок ненецкой породы, отобранных случайным образом, без пороков телосложения и имевших теленка. в октябре 2020 года. Всего было обследовано 94 важенки (взрослых самок) в возрасте от 3 до 9 лет. Животные были упитанными, имели теленка и не имели видимых пороков телосложения. В выборке наблюдались высокие положительные фенотипические корреляции между «высотой в холке» и «высотой в локте» (≈0.84), «высотой в холке» и «глубиной груди» (≈0.71), «живой массой» и «обхватом груди» (≈0.63), а также между «живой массой» и «глубиной груди» (≈0.6). Генетические корреляции между признаками, вычисленные по генотипам микросателлитных маркеров, показали сопоставимые результаты. Для пары промеров «высота в холке» и «высота в локте» генетическая корреляция составила около 0.83, а для пары «высота в холке» и «глубина груди» - около 0.71. Результаты сравнительного анализа между фенотипическими и генетическими корреляционными матрицами продемонстрировали высокую степень согласованности. Было показано, что для селекции северных оленей по живой массе и линейным размерам тела фенотипические корреляции потенциально могут использоваться в качестве косвенного показателя генетических корреляций.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В исследованиях наследственности и изменчивости организмов система селекции в животноводстве и растениеводстве строится на изучении и применении взаимосвязи между генотипом и фенотипом [1]. Однако задачи селекции осложняются тем, что практически любой селекционируемый признак находится в генетической взаимосвязи с другими фенотипическими признаками, которая обусловлена сцеплением генов или плейотропией. Это означает, что эволюция признаков внутри популяции зависит не только от генетической основы каждого признака, но и от взаимодействия между признаками. Следовательно, в селекции животных одним из важных статистических методов оценки силы (тесноты) и направления взаимосвязи между признаками является корреляционный анализ.

При наличии фенотипических и генотипических данных, фенотипическую корреляцию между признаками, которая показывает зависимость между изменчивостью этих признаков в популяции, можно разложить на генетическую и негенетическую составляющие. Это позволяет оценить корреляции между признаками на генетическом уровне и определить силу и направленность селекции, действующей на популяцию. Очевидно, что следствием генетической корреляции между признаками является коррелированный ответ на отбор. «Благоприятная» корреляция между признаками приводит к тому, что отбор по одному признаку улучшает другой. И наоборот, неблагоприятная корреляция между признаками увеличивает сложность одновременного улучшения этих признаков.

Генетическая корреляция между двумя признаками — это мера генетических факторов, общих для двух признаков. Точная оценка генетических корреляций между двумя признаками является сложной задачей из-за необходимости больших размеров выборок животных и доступности генотипических данных. Поэтому часто предполагается, что фенотипические корреляции могут отражать генотипические корреляции между признаками. [2]. Наблюдение того, что генетические корреляции близко соответствуют фенотипическим корреляциям, известно как гипотеза Шеверуда [3]. Эмпирическое подтверждение этой гипотезы было найдено у разных видов растений, насекомых и животных [4-6]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что между генетическими и фенотипическими корреляциями действительно существует хорошая согласованность.

В оленеводческих стадах стандартной практикой селекционно-племенной работы являются глазомерная (визуальная) оценка экстерьера и племенных кондиций, снятие линейных размеров (промеров) и определение живой массы. Однако работ по использованию инфор-

мации о фенотипических и генетических корреляциях между измеренными показателями экстерьера и живой массы в практической селекции северных оленей очень мало.

При изучении хозяйственно-полезных признаков пород и географических групп этого вида животных предпринимались попытки внедрить метод корреляционного анализа [7, 8]. Следует отметить работу, в которой у северных оленей различных пород была обнаружена более высокая изменчивость промеров по сравнению с пропорциями телосложения [9]. Ранее в наших исследованиях была выявлена статистически достоверная феногеографическая изменчивость северных оленей ненецкой породы и проведен анализ эффективности отбора по живой массе путем определения повторяемости и наследуемости её у домашних северных оленей в Ямало-Ненецком автономном округе [10]. Установлен невысокий, но статистически значимый коэффициент фенотипической корреляции между живой массой матерей и живой массой их потомства в 6-месячном возрасте. Кроме того, выявлено, что у северных оленей положительно и статистически значимо коррелируют живая масса в 6-месячном возрасте и живая масса в возрасте 1.5 года (≈ 0.6); коэффициент фенотипической корреляции между живой массой оленей в 1.5- и 2.5-летнем возрастах сохраняется на среднем уровне (≈ 0.5) [10-12].

Применение мультиплексных панелей микросателлитов для оценки происхождения и генетического разнообразия между популяциями северного оленя позволило увеличить объем генетической информации [13-17]. В то же время в практической селекции оценка животных по фенотипическим показателям до сих пор не утратила своей актуальности, но требует дополнительной верификации генетическими методами. Наличие фенотипических корреляций между признаками, подтвержденных на генетическом уровне, позволит сократить количество селекционируемых признаков и/или скорректировать их, сохранив эффективность селекции.

Цель исследования - определить возможность использования фенотипических корреляций в качестве прокси генетических корреляций у домашних северных оленей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Оценка фенотипических показателей экстерьера и живой массы северных оленей была проведена на Ямальской опытной станции в октябре 2020 года. Всего было обследовано 94 важенки (взрослых самок) в возрасте от 3 до 9 лет. Животные были упитанными, имели теленка и не имели видимых пороков телосложения. Живую массу животных и зоотехнические промеры северных оленей определяли путем взвешивания на динамометрических весах с точностью до 1 кг (Рисунок 1) в соответствии с рекомендациями по племенной работе в северном оленеводстве [18]. Промеры животных проводили с помощью мерных инструментов (палка, лента и циркуль) с точностью 1.0 см. В качестве морфологических видоспецифических признаков были использованы такие зоотехнические промеры как «высота в холке», «высота в локте», «глубина груди», «ширина груди за лопатками», «косая длина туловища», «обхват груди», «ширина в маклоках». и «длина головы» (Рисунок 2).

Кроме того, у зоотехнически обследованных северных оленей были взяты образцы хрящевой ткани ушной раковины и законсервированы в 70% этиловом спирте для дальнейших генетических исследований. Для оценки генетического разнообразия все животные были генотипированы по 16 микросателлитным маркерам (BMS1788, RT30, RT1, RT9, C143, RT7, OHEQ, FCB193, RT6, C217, RT24, C32, BMS745, NVHRT16, T40 и C276), описание которых дано в [17, 19].

Статистический анализ промеров и генотипов микросателлитов проводился в программной среде R (R Core Team, 2017) с использованием статистических пакетов, предназначенных для генетического анализа: adegenet [20], pegas [21], poppr

[22], PopGenReport [23], pvclust [24] и Hierfstat [25]. С помощью функции *poppr*::*genotype_curve* с 10 000 перестановок было определено минимальное количество локусов, необходимое для того, чтобы животные были различимы. Таким образом, в выборку животных были включены только те самки, у которых амплифицировалось более 14 локусов. Для сформированной выборки животных мы оценили неравновесие по сцеплению между микросателлитами, используя стандартизированный индекс ассоциации *rd* [26], вычисленный с помощью функции *poppr::pair.ia* (10 000 перестановок). Кроме того, мы проверили отклонение от равновесия Харди-Вайнберга, используя точный тест хи-квадрат, основанный на методе Монте-Карла (*pegas::hw.test*; 10 000 перестановок). Полученные статистики были поправлены для контроля частоты ложноположительных результатов (false discovery rate, FDR) с помощью функции *stats: p. adjust*.



Рисунок 1 – Определение живой массы животного.



Рисунок 2 – Измерение фенотипических промеров животного.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Мы проиллюстрировали распределения абсолютных значений 9 анализируемых признаков в выборке животных, расположив их в соответствии со средними арифметическими значениями (рис.3). Как видно, наибольший разброс значений в анализируемой выборке животных наблюдался по весу. Нормальность распределения анализируемых признаков проверяли, используя тест Шапиро. Предварительно все признаки были поправлены на возраст и интерсепт. Для всех поправленных признаков p-значения теста нормальности были не меньше 0.05, что указывает на нормальное распределение признаков.

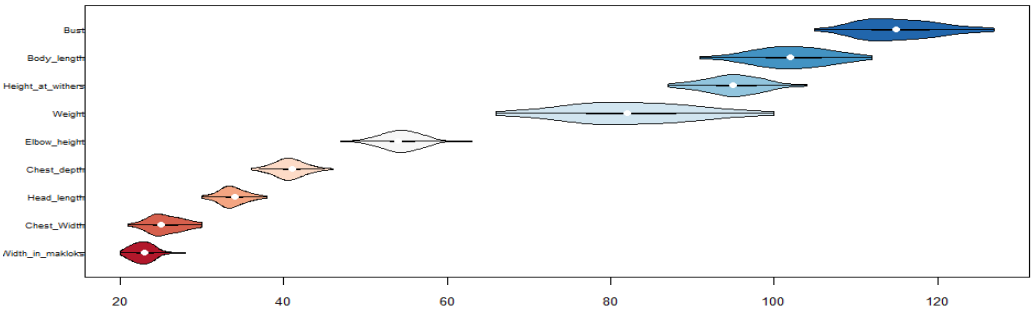


Рисунок 3 – Распределения абсолютных значений фенотипических признаков по типу "скрипка" (violin plot). Белая точка внутри графика указывает медиану.

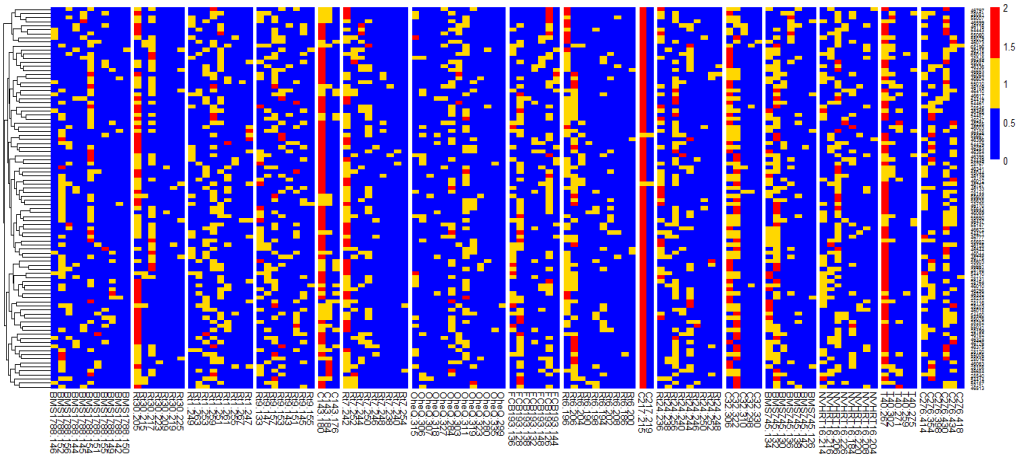


Рисунок 4 – Тепловая карта распределения аллелей по микросателлитным маркерам и животным. Карта разделена на вертикальные полосы, каждая из которых соответствует одному микросателлитному локусу. Каждая полоса содержит квадраты, которые соответствуют парам аллель-особь. Цвет квадрата указывает на количество определенного аллеля, присутствующего в генотипе конкретной особи. Красный цвет означает, что самка содержит два аллеля, желтый – один аллель и синий – ни одного.

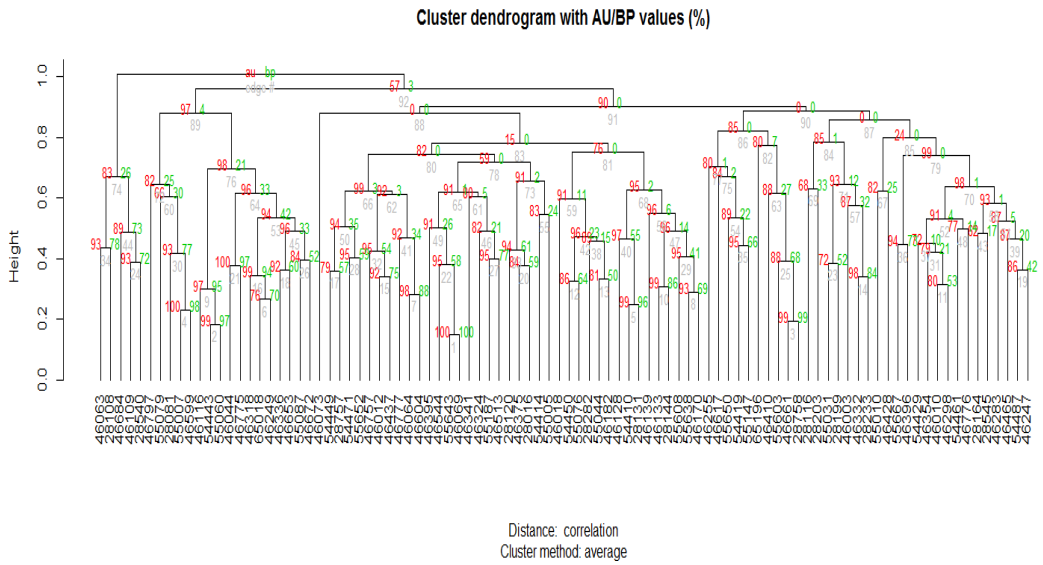


Рисунок 5 – Дендрограмма для животных. AU – приблизительно несмещенные p-значения (красный цвет), а BP – бутстрепные p-значения (зеленый цвет).

Распределения аллелей 16 микросателлитных маркеров среди животных представлены на рисунке 4, упорядоченные по среднему значению длины аллеля. Всего было идентифицировано 119 аллелей. Наибольшее число аллельных вариаций наблюдалось в локусе OheQ, а наименьшее – в локусе C217.

Иерархическая кластеризация животных.

С помощью функции *adegenet: inbreeding* при бутстреп-поддержки 10 000 пермутаций мы оценили коэффициенты инбридинга для каждого животного, которые оказались невысокими и составили в среднем 0.165±0.007. Для определения генетического родства между животными в выборке был проведен иерархический кластерный анализ с помощью R-пакета pvclust на основании генотипов. Полученная кластеризация была оценена на устойчивость путем расчета бутстреп-поддержки ветвей дендрограммы. Дерево со значениями бутстреп-поддержки показано на рисунке 5, где AU – приблизительно несмещенные p-значения (красный цвет), а BP – бутстрепные p-значения (зеленый цвет). В этом методе кластеризации используется многомасштабный бутстреп. О генетических родстве между животными (или кластерами) можно судить по значению BP. Как можно заметить, четыре самки в выборке демонстрировали высокую степень генетического родства, и поэтому были исключены из последующего анализа, чтобы обеспечить надежность полученных генетических корреляций между признаками.

Анализ генетической структуры.

Для выборки животных мы оценили неравновесие по сцеплению между микросателлитами с помощью стандартизированного индекса ассоциации rd. Этот индекс ассоциации первоначально был предложен в [27] и реализован в R-пакете poppr [22] с использованием пермутационного подхода для оценки p-значений [26]. На основе 10 000 пермутаций было обнаружено, что p = 0.773 для rd = 0.00247 (рис. 6). Следовательно, мы не можем отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии сцепления между локусами (рекомбинация аллелей происходит свободно с образованием новых генотипов при половом размножении).

Кроме того, мы проверили отклонение от равновесия Харди-Вайнберга, используя точный тест хи-квадрат, основанный на методе Монте-Карла (pegas::hw.test; 10 000 перестановок). Анализ выявил единственный локус, Rt24, в котором наблюдалось отклонение от равновесия Харди-Вайнберга. Однако после применения функции stats::p.adjust для корректировки полученных статистических данных с целью контроля частоты ложных обнаружений (FDR), отклонений от равновесия Харди-Вайнберга не наблюдалось (Таблица 1).

Был проведен тест (тест Бартлетта на однородность дисперсий). Было отмечено, что гетерозиготность по локусам варьирует, однако заметной разницы между ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготностью не наблюдалось (статистика Бартлетта = 0.00969, p-value = 0.9216) (Таблица 1).

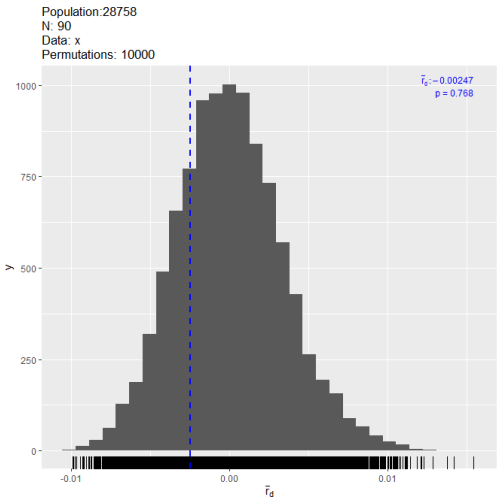


Рисунок 6 – Распределение индекса ассоциации для выборки домашних северных оленей, рассчитанного по результатам 10 000 повторов. Распределение индекса показывает, что нулевая гипотеза не отвергается.

Таблица 1 – Статистические показатели 16 микросателлитов

Локус	Число аллелей	Hexp	Hobs	HWE p-значение	HWE p-значение после FDR-поправки
BMS1788	11	0.814	0.789	0.15	0.498
Rt30	7	0.538	0.544	0.829	0.956
Rt1	9	0.846	0.889	0.242	0.645
Rt9	8	0.836	0.811	0.712	0.956
C143	3	0.359	0.333	0.395	0.903
Rt7	9	0.678	0.689	0.792	0.956
OheQ	13	0.852	0.867	0.847	0.956
FCB193	7	0.771	0.767	0.476	0.937
Rt6	10	0.733	0.744	0.585	0.937
C217	2	0.022	0.022	1	1
Rt24	9	0.784	0.733	0.033*	0.498
C32	5	0.546	0.511	0.137	0.498
BMS745	7	0.701	0.733	0.563	0.937
NVHRT16	8	0.794	0.833	0.897	0.956
T40	5	0.407	0.389	0.156	0.498
C276	6	0.753	0.711	0.082	0.498

*Примечание: * указывает на то, что наблюдаемые частоты в локусе отклоняются от равновесия Харди-Вайнберга.*

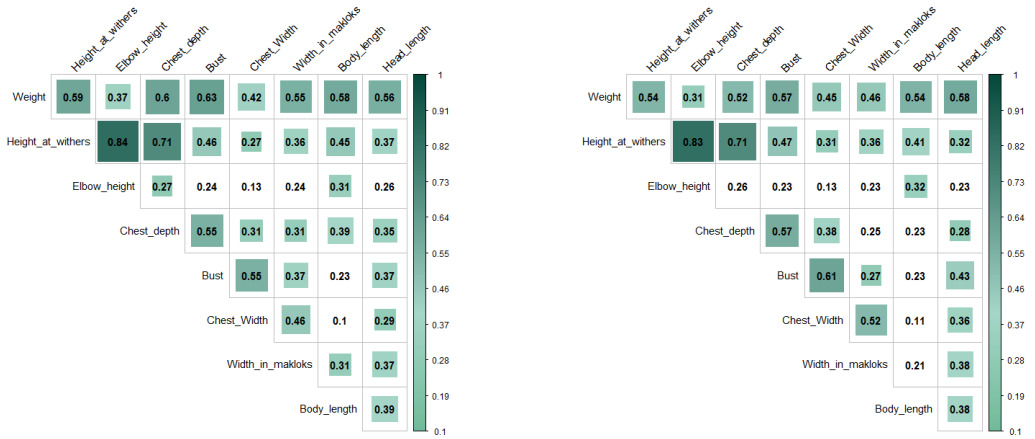


Рисунок 7a и b. – Тепловые карты для матриц генетических (слева) и фенотипических (справа) корреляций между линейными промерами и живой массой. В каждой ячейки насыщенность цвета и размер квадрата отражают степень корреляции. Отсутствие квадрата в ячейках указывает на то, что корреляции между признаками не достигли порога значимости 0.01.

Таблица 2 - Коэффициенты фенотипических корреляций между живой массы и промерами тела у домашних северных оленей и соответствующие p-значения

Фенотипические корреляции	Живая масса	Высота в холке	Высота в локте	Глубина груди	Обхват груди	Ширина груди	Ширина в маклоках	Косая дл. туловища	Длина головы
Живая масса		6.31E-10	3.68E-04	3.23E-10	3.78E-11	4.33E-05	2.12E-08	1.67E-09	8.28E-09
Высота в холке	0.59		2.25E-25	4.00E-15	6.07E-06	9.18E-03	4.31E-04	7.81E-06	3.51E-04
Высота в локте	0.37	0.84		9.08E-03	2.04E-02	2.20E-01	2.00E-02	2.54E-03	1.47E-02
Глубина груди	0.6	0.71	0.27		1.95E-08	2.62E-03	3.14E-03	1.38E-04	7.51E-04
Обхват груди	0.63	0.46	0.24	0.55		1.54E-08	3.76E-04	3.23E-02	3.59E-04
Ширина груди	0.42	0.27	0.13	0.31	0.55		5.65E-06	3.63E-01	4.86E-03
Ширина в маклоках	0.55	0.36	0.24	0.31	0.37	0.46		3.02E-03	2.84E-04
Косая дл. туловища	0.58	0.45	0.31	0.39	0.23	0.1	0.31		1.23E-04
Длина головы	0.56	0.37	0.26	0.35	0.37	0.29	0.37	0.39	

Таблица 3 – Коэффициенты генетических корреляций между живой массы и промерами тела у домашних северных оленей и соответствующие p-значения

Генетические корреляции	Живая масса	Высота в холке	Высота в локте	Глубина груди	Обхват груди	Ширина груди	Ширина в маклоках	Косая дл. туловища	Длина головы
Живая масса		5.02E-08	3.35E-03	1.49E-07	4.55E-09	7.09E-06	6.21E-06	2.93E-08	1.80E-09
Высота в холке	0.54		2.50E-24	2.52E-15	2.46E-06	2.91E-03	4.70E-04	5.24E-05	1.87E-03
Высота в локте	0.31	0.83		1.18E-02	3.25E-02	2.06E-01	2.89E-02	1.91E-03	2.65E-02
Глубина груди	0.52	0.71	0.26		4.99E-09	2.61E-04	1.79E-02	2.92E-02	7.83E-03
Обхват груди	0.57	0.47	0.23	0.57		1.58E-10	9.24E-03	2.91E-02	2.17E-05
Ширина груди	0.45	0.31	0.13	0.38	0.61		1.72E-07	2.83E-01	4.50E-04
Ширина в маклоках	0.46	0.36	0.23	0.25	0.27	0.52		4.87E-02	2.09E-04
Косая дл. туловища	0.54	0.41	0.32	0.23	0.23	0.11	0.21		2.49E-04
Длина головы	0.58	0.32	0.23	0.28	0.43	0.36	0.38	0.38	

Примечание к таблице 2 и 3: коэффициенты корреляций между признаками указаны в нижнем треугольнике, а соответствующие p-значения - в верхнем.

Фенотипические корреляции между признаками.

Фенотипические корреляции между признаками рассчитывались как простые корреляции Пирсона между линейными промерами животных с поправкой на возраст и интерсепт. Была выявлена высокая (>0.6) значимая положительная феноти-

пическая корреляция между «высотой в холке» и «высотой в локте» (»0.84), между «высотой в холке» и «глубиной груди» (»0.71), между «живой массой» и «обхватом груди» (»0.63), а также между «живой массой» и «глубиной груди» (»0.6) (рис. 7a и Таблица 2).

Генетические корреляции между признаками.

Для расчета генетических корреляций между признаками была использована модель линейной регрессии, в которой каждый анализируемый признак был разложен на две составляющие: генетическую ($G\beta$) и средовую (e):

$$y_i = X\alpha_i + G\beta_i + e_i$$

Здесь y_i – вектор значений i-ого признака, X – матрица ковариат, состоящая из двух столбцов, где первый столбец – вектор единиц, а второй – вектор возраста; G – матрица генотипов, состоящая из значений 0, 1 и 2, где каждый элемент матрицы – это количество конкретного аллеля у конкретного локуса для конкретного животного; a_i – вектор фиксированных эффектов ковариат (интерсепта и возраста) на i-ый признак, β_i – вектор фиксированных генетических эффектов на признак, и наконец e_i – вектор случайных регрессионных остатков модели. Мы предполагаем, что регрессионные остатки распределены нормально как

$$N(0, \sigma_i^2 I)$$

где s_i^2 -дисперсия признака.

Затем для каждой пары изучаемых признаков были вычислены генетические корреляции между признаками как корреляции между генетическими эффектами аллелей микросателлитов на эти признаки [28]:

$$r = \frac{\Sigma \beta_1 \beta_2}{\sqrt{\Sigma \beta_1^2}\sqrt{\Sigma \beta_2^2}}$$

где β_1 – вектор эффектов аллелей микросателитных локусов, вычисленных на основе многомерной регрессии первого признака (см. формулу 1), а β_2 – для второго признака. На практике, когда размеры выборки животных для исследований признаков обычно меньше, чем общее количество аллелей, подлежащих анализу, многомерная линейная регрессия не может быть использована для оценки β_1 и β_2. Необходимы дополнительные предположения.

Для уменьшения числа модельных предикторов, мы применили метод анализа главных компонент (PCA) и выбрали 95% дисперсии признака, объясняемых компонентами PCA. На рисунке 7b представлены генетические коэффициенты корреляции, вычисленные с помощью формулы (2)

Сравнение фенотипических и генетических корреляций.

Степень сходства между фенотипическими и генетическими корреляционными матрицами оценивали с помощью теста ранговой корреляции Спирмена. Ранговая корреляция – это статистический метод, который упорядочивает наблюдения в соответствии с их рангом и вычисляет уровень сходства между рангами. Одним из преимуществ ранговой корреляции является то, что она устойчива к выбросам и не зависит от распределения данных. Результаты продемонстрировали высокую степень согласованности между фенотипическими и генотипическими корреляциями: $\rho = 0.91$, а p-значение $p < 2.2 \times 10^{-16}$.

Для иллюстрации линейности связи между генетическими и фенотипическими корреляционными матрицами была построена тепловая карта с использованием двумерного эмпирического оценщика ядерной плотности (mass:kde2d) (рис. 8a). Цель оценки ядерной плотности — на основе исходных данных сделать выводы об основной функции плотности вероятности на всем пространстве, в том числе там, где данные не наблюдаются. При оценке ядерной плотности вклад каждой точки данных сглаживается из одной точки в окружающую ее область пространства. Агрегирование индивидуально сглаженных вкладов дает общую картину структуры данных и их функции плотности.

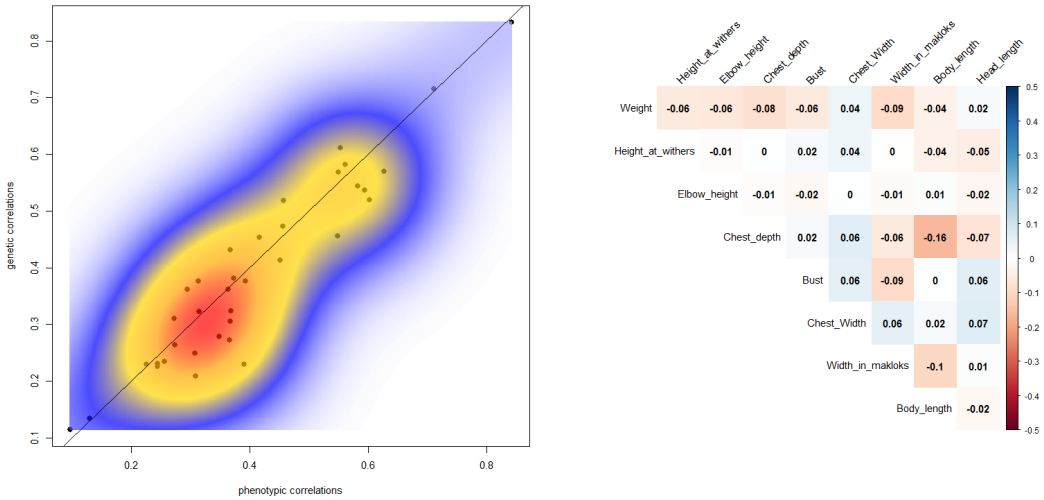


Рисунок 8 – Сравнение генетических и фенотипических корреляций. а) визуализация двумерной ядерной плотности двух типов корреляций, фенотипической и генетической. Каждой черной точке соответствует пара корреляционных коэффициентов. Черная линия - диагональная прямая. b) Значения отклонений генетических корреляционных коэффициентов от фенотипических.

Кроме того, индивидуально для каждой пары признаков мы оценивали степень сходства с помощью порога. Мы условно считали корреляции совпадающими, если разница в значениях составляла 0.1 и меньше, несовпадающими, если разница в значениях составляла 0.3 и больше, а значения между 0.1 и 0.3 классифицировались как слабая степень совпадения. Наибольшее расхождение наблюдали у пары признаков «глубина груди» и «косая длина туловища» (-0.16) (Рис. 8b).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Анализ проведенных исследований по оценке корреляций между фенотипическими и генотипическими показателями взрослых важенок в оленеводческом стаде позволил установить существенное совпадение полученных данных. Фенотипические корреляции между промерами имеют значительные различия, но все они положительны, при величинах от 0.22 до 0.81. Установлено, что селекционный отбор взрослых самок по живой массе способствует росту всех линейных промеров животного. Была выявлена высокая (>0.6) значимая положительная фенотипическая корреляция между «высотой в холке» и «высотой в локте» (≈0.84), между «высотой в холке» и «глубиной груди» (≈0.71), между «живой массой» и «обхватом груди» (≈0.63), а также между «живой массой» и «глубиной груди» (≈ 0.6) Двустороннее направление корреляций свидетельствует об обратном действии отбора по промерам на живую массу. Степень сходства между фенотипическими и генетическими корреляционными матрицами оценивали с помощью теста ранговой корреляции Спирмена. Результаты продемонстрировали высокую степень согласованности между фенотипическими и генотипическими корреляциями: $\rho = 0.91$, а p-значение $p < 2.2 \times 10^{-16}$

Не все фенотипические корреляции подтверждаются генетическими. Так, промер «ширина груди за лопатками» показал слабое совпадение фенотипической и генетической корреляций. Это свидетельствует о возможно преобладающем влиянии паратипических факторов над генетическими в наследовании данного параметра у северных оленей.

Таким образом, в селекции северных оленей по живой массе и линейным размерам тела использование фенотипических корреляций в качестве прокси генетических корреляций возможно.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PHENOTYPIC AND GENETIC CORRELATIONS BETWEEN ZOOTECHNICAL TRAITS IN DOMESTIC REINDEER

Yuzhakov A.A.[1] – Doctor of Agricultural Sciences, Department of Animal Husbandry and Rational Nature Management of the Arctic, (ORCHID 0000-0002-3584-8381); **Svischeva G.R.**[2] – Candidate of Biological Sciences, Laboratory of Comparative Animal Genetics, (ORCHID 0000-0001-9478-267X); **Semina M.T.**[2] – Laboratory of Comparative Animal Genetics, (ORCHID 0000-0002-9276-0407); **Stolpovsky Yu.A.**[2] – Doctor of Biology. Sci. (Vet.), Laboratory of Comparative Animal Genetics (ORCHID 0000-0003-2537-1900); **Laishev K.A.**[1]* – Doctor of Veterinary Sciences, Department of Animal Husbandry and Rational Nature Management of the Arctic, (ORCHID 0000-0003-2490-6942).

[1] St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences;

[2] N.I. Vavilov Institute of General Genetics.

Funding: *The materials were prepared within the framework of the regional competition of the Russian Science Foundation No. 22-16-00062 and, partially, within the framework of the FFZF-2022-0016 project with the financial support of the Ministry of Education and Science. "Development of fundamental, methodological and technological foundations for increasing agricultural production in the North-West and in the Arctic zone of the Russian Federation, ensuring food and environmental safety of the regions" – 122041900025-6.*

Acknowledgements: *The authors thank the director Maksimchik M.A. and the reindeer herders of the Yamal Experimental Station, a separate structural unit of the Federal State Budgetary Educational Institution FIT Tyumen Scientific Center SB RAS for their assistance in carrying out phenotypic measurements and collecting genetic material during this study.*

ABSTRACT

The study was conducted to determine the possibility of using phenotypic correlations between traits as an indirect indicator of genetic correlations in domestic reindeer (Rangifer tarandus L.). The assessment of phenotypic parameters of the exterior and live weight of reindeer was carried out at the Yamal Experimental Station, a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution, the Tyumen Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. The object of the study was a population sample of 94 adult females of the Nenets breed, selected at random, without constitution defects and having a calf. in October 2020. A total of 94 does (adult females) aged 3 to 9 years were examined. The animals were well-fed, had a calf and had no visible constitution defects. The sample showed high positive phenotypic correlations between “height at withers” and “height at elbow” (=0.84), “height at withers” and “chest depth” (=0.71), “live weight” and “chest girth” (=0.63), as well as between “live weight” and “chest depth” (=0.6). Genetic correlations between traits calculated using genotypes of microsatellite markers showed comparable results. For the pair of measurements “height at withers” and “height at elbow”, the genetic correlation was about 0.83, and for the pair “height at withers” and “chest depth” it was about 0.71. The results of comparative analysis between phenotypic and genetic correlation matrices demonstrated a high degree of consistency. It has been shown that phenotypic correlations can potentially be used as an indirect indicator of genetic correlations for reindeer selection for live weight and linear body dimensions.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Скуридин Г. М., Коваль С.Ф. Идентификация генотипа по фенотипу с помощью корреляций признаков. //

Информационный вестник ВОГиС, 2002. 6(19): p. 3-3.
2.Sodini S.M. et al. Comparison of genotypic and phenotypic correlations: Cheverud's conjecture in humans. //Genetics, 2018. 209 (3): p. 941-948.
3.Cheverud J. M. A comparison of genetic and phenotypic correlations //Evolution, 1988. 42(5): p. 958-968.
4.Waitt D.E., Levin D.A. Genetic and phenotypic correlations in plants: a botanical test of Cheverud's conjecture //Heredity, 1998. 80(3): p. 310-319.
5.Ackermann R.R., Cheverud J.M. Discerning evolutionary processes in patterns of tamarin (genus Saguinus) craniofacial variation //American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists, 2002. 117(3): p. 260-271.
6.Reusch T. Blanckenhorn W. Quantitative genetics of the dung fly Sepsis cynipsea: Cheverud's conjecture revisited. //Heredity, 1998. 81(1): p. 111-119.
7.Деряженцев В.Т., Шифнер К.Г. Наследственность и коррелятивные связи некоторых хозяйственно-полезных признаков северных оленей. //Науч. тр, Магадан. зон. НИИСХ Северо-Востока. 1978(7): p. 4-11.
8.Рожков Ю.И., Проняев А.В. Коэффициенты сходства между популяциями по количественным признакам и генотипам. //Сельскохозяйственная биология. 1992(6): p. 26-35.
9.Южаков А.А, Романенко Т.М., Лайшев К.А. Феногеографическая изменчивость северных оленей ненецкой породы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017(2 (47)): p. 115-122.
10.Южаков, А.А О наследуемости и повторяемости живой массы у северных оленей //Сибирский вестник сельскохозяйственной науки 2003(3): p. 165-167.
11.Южаков А.А., Лайшев К.А., Забродин В.А. Влияние наследственных и паратипических факторов на мясную продуктивность домашних северных оленей // Аграрный вестник Урала. 2020(11 (202)): p. 93-100.
12.Røed K.H. et al. Genetic analyses reveal independent domestication origins of Eurasian reindeer //Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2008. 275 (1645): p. 1849-1855.
13.McLoughlin P.D. et al. Genetic diversity and relatedness of boreal caribou populations in western Canada //Biological Conservation. 2004. 118(5): p. 593-598.
14.Colson K.E., Mager K.H., Hundertmark K.J. Reindeer introgression and the population genetics of caribou in southwestern Alaska //Journal of Heredity. 2014. 105(5): p. 585-596.
15.Zhai J.-C. et al. Analysis on genetic diversity of reindeer (Rangifer tarandus) in the Greater Khingan Mountains using microsatellite markers //Zoological studies. 2017. 56.
16.Kashtanov S.N., Zakharov E.S., Semina M.T. et al. Genetic Structure of Domesticated Reindeer (Rangifer tarandus) Populations in the Central Siberian Plateau and Adjacent Areas //Russian Journal of Genetics. 2024. 60(1): p. 121-125.
17.Семина М.Т., Свищева Г.Р., Сипко Т.П. и др. Популяционная структура домашних и диких популяций северного оленя (Rangifer tarandus) //Материалы научной конференции с международным участием, посвященной 50-летнему юбилею лаборатории популяционной генетики им. Ю. П. Алтухова ИОГен РАН. 2022. С. 53.
18.Дьяченко Н.А. Рекомендации по племенной работе в северном оленеводстве. 1970.
19.Столповский Ю.А., Бабаян О.В., Каштанов С.Н. и др. Генетическая оценка пород северного оленя (Rangifer tarandus) и их дикого предка с помощью новой панели STR–маркеров //Генетика. 2020. Т. 56. № 12. С. 1410–1426.
20.Jombart, T. Adegenet: a R package for the multivariate analysis of genetic markers //Bioinformatics. 2008. 24(11): p. 1403-1405.
21.Paradis, E. Pegas: an R package for population genetics with an integrated–modular approach //Bioinformatics 2010. 26(3): p. 419-420.
22.Kamvar Z.N., Tabima J.F., Grünwald

N.J. Poppr: an R package for genetic analysis of populations with clonal, partially clonal, and/or sexual reproduction //PeerJ, 2014. 2: p. e281.
23.Adamack A.T., Gruber B. PopGenReport: simplifying basic population genetic analyses in R //Methods in Ecology and Evolution. 2014. 5(4): p. 384-387.
24.Suzuki R., Shimodaira H. Pvclust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering //Bioinformatics. 2006. 22(12): p. 1540-1542.
25.Goudet J. Hierfstat, a package for R to compute and test hierarchical F-statistics. // Molecular Ecology Notes. 2005. 5(1): p. 184 -186.
26.Agapow P.M., Burt A. Indices of multilocus linkage disequilibrium //Molecular Ecology Notes. 2001. 1(1-2): p. 101-102.
27.Brown A., Feldman M., Nevo E. Multilocus structure of natural populations of Hordeum spontaneum //Genetics. 1980. 96 (2): p. 523-536.
28.Kraft P., Chen H., Lindström S. The Use of Genetic Correlation and Mendelian Randomization Studies to Increase Our Understanding of Relationships between Complex Traits //Current Epidemiology Reports. 2020. 7: p. 104-112.

REFERENCES

1. Skuridin G. M., Koval S. F. Identification of genotype by phenotype using correlations of traits. // Information Bulletin of VOGIS, 2002. 6 (19): p. 3-3.
2. Sodini S. M. et al. Comparison of genotypic and phenotypic correlations: Cheverud's conjecture in humans. // Genetics, 2018. 209 (3): p. 941-948.
3. Cheverud J. M. A comparison of genetic and phenotypic correlations // Evolution, 1988. 42 (5): p. 958-968.
4. Waitt D. E., Levin D. A. Genetic and phenotypic correlations in plants: a botanical test of Cheverud's conjecture //Heredity, 1998. 80(3): p. 310-319.
5. Ackermann R.R., Cheverud J.M. Discerning evolutionary processes in patterns of tamarin (genus Saguinus) craniofacial variation //American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists, 2002. 117(3): p. 260-271.
6. Reusch T. Blanckenhorn W. Quantitative genetics of the dung fly Sepsis cynipsea: Cheverud's conjecture revisited. //Heredity, 1998. 81(1): p. 111-119.
7. Derjazhentsev V.T., Shifner K.G. Heredity and correlation links of some economically useful traits of reindeer. // Nauch. tr., Magadan. zone. Research Institute of Agriculture of the North-East. 1978(7): p. 4-11.
8. Rozhkov Yu.I., Pronyaev A.V. Similarity coefficients between populations by quantitative traits and genotypes. // Agricultural biology. 1992(6): p. 26-35.
9. Yuzhakov A.A., Romanenko T.M., Laishev K.A. Phenogeographic variability of reindeer of the Nenets breed // Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. 2017(2 (47)): p. 115-122.
10. Yuzhakov, A.A. On the heritability and repeatability of live weight in reindeer // Siberian Bulletin of Agricultural Science 2003(3): p. 165-167.
11. Yuzhakov A.A., Laishev K.A., Zbrodin V.A. Influence of hereditary and paratypic factors on meat productivity of domestic reindeer // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020(11 (202)): p. 93-100.
12. Røed K.H. et al. Genetic analyses reveal independent domestication origins of Eurasian reindeer // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2008. 275 (1645): p. 1849-1855.
13. McLoughlin P.D. et al. Genetic diversity and relatedness of boreal caribou populations in western Canada //Biological Conservation. 2004. 118(5): p. 593-598.
14. Colson K.E., Mager K.H., Hundertmark K.J. Reindeer introgression and the population genetics of caribou in southwestern Alaska // Journal of Heredity. 2014. 105(5): p. 585-596.
15. Zhai J.-C. et al. Analysis on genetic diversity of reindeer (Rangifer tarandus) in the Greater Khingan Mountains using microsatellite markers //Zoological studies. 2017. 56.
16. Kashtanov S.N., Zakharov E.S., Semina M.T. et al. Genetic Structure of Domesticated Reindeer (Rangifer tarandus) Populations in the Central Siberian Plateau and Adjacent

Areas //Russian Journal of Genetics. 2024. 60(1): p. 121-125.
17. Semina M.T., Svishcheva G.R., Sipko T.P. et al. Population structure of domestic and wild populations of reindeer (Rangifer tarandus) // Proceedings of the scientific conference with international participation dedicated to the 50th anniversary of the Yu. P. Altukhov Laboratory of Population Genetics, Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences. 2022. P. 53.
18. Dyachenko N.A. Recommendations for breeding work in northern reindeer herding. 1970.
19. Stolpovsky Yu.A., Babayan O.V., Kashtanov S.N. et al. Genetic assessment of reindeer breeds (Rangifer tarandus) and their wild ancestor using a new panel of STR markers // Genetics. 2020. Vol. 56. No. 12. Pp. 1410–1426.
20. Jombart, T. Adegenet: a R package for the multivariate analysis of genetic markers // Bioinformatics. 2008. 24(11): p. 1403–1405.
21. Paradis, E. Pegas: an R package for population genetics with an integrated–modular approach // Bioinformatics 2010. 26(3): p. 419–420.
22. Kamvar Z.N., Tabima J.F., Grünwald N.J. Poppr: an R package for genetic analysis of populations with clonal, partially clonal, and/or sexual reproduction //PeerJ, 2014. 2: p. e281.
23. Adamack A.T., Gruber B. PopGenReport: simplifying basic population genetic analyzes in R //Methods in Ecology and Evolution. 2014. 5(4): p. 384-387.
24. Suzuki R., Shimodaira H. Pvclust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering // Bioinformatics. 2006. 22(12): p. 1540-1542.
25. Goudet J. Hierfstat, a package for R to compute and test hierarchical F-statistics. // Molecular Ecology Notes. 2005. 5(1): p. 184 -186.
26. Agapow P.M., Burt A. Indices of multilocus linkage disequilibrium //Molecular Ecology Notes. 2001. 1(1-2): p. 101-102.
27. Brown A., Feldman M., Nevo E. Multilocus structure of natural populations of Hordeum spontaneum //Genetics. 1980. 96 (2): p. 523-536.
28. Kraft P., Chen H., Lindström S. The Use of Genetic Correlation and Mendelian Randomization Studies to Increase Our Understanding of Relationships between Complex Traits // Current Epidemiology Reports. 2020. 7: p. 104-112.

ХИРУРГИЯ

УДК: 616-006.32-089.5:619
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.443

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЖФАСЦИАЛЬНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ АНАЛГЕЗИИ ПРИ УДАЛЕНИИ НОВООБРАЗОВАНИЙ МЯГКИХ ТКАНЕЙ В ОБЛАСТИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ У МЕЛКИХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

Семенов Б.С. – д-р ветеринар. наук, проф., проф. каф. общей, частной и оперативной хирургии (ORCID: 0000-0003-0149-9360); **Нечаев А.Ю.** – д-р ветеринар. наук, доц., зав. кафедрой общей, частной и оперативной хирургии (ORCID: 0000-0001-9035-0036); **Назарова А.В.*** – канд. ветеринар. наук, асс. каф. общей,
частной и оперативной хирургии (ORCID: 0000-0003-4726-6204).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

* anna.v.nazarova@mail.ru

Ключевые слова: *плоскостные межфасциальные блоки, периоперационная аналгезия, удаление опухолей, ESP-блок, SAPB-блок, TAP-блок, собаки, кошки.*

Key words: *interfascial plane blocks, perioperative analgesia, tumor surgery, ESP-block, SAPB-block, TAP-block, dogs, cats.*

Поступила: 20.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Достижение удовлетворительных результатов хирургического лечения онкологических пациентов невозможно без контроля над болью в как интраоперационно, так и в ранний послеоперационный период. Включение регионарной анестезии в мультимодальные протоколы контроля боли позволяет существенно улучшить качество обезболивания и ускорить восстановление пациента после операции. Тем не менее каждый метод межфасциальной плоскостной блокады имеет свои показания, противопоказания и осложнения. Целью нашего исследования было показать обоснованность и эффективность использования регионарной анестезии в виде плоскостных межфасциальных блоков при операциях по удалению опухолей мягких тканей в области грудной клетки у мелких домашних животных. В исследование были включены 49 животных (30 собак и 19 кошек), которым были проведены операции по удалению опухолей мягких тканей в области грудной клетки. Критерием включения животных в исследование было применение регионарной анестезии в виде межфасциальных плоскостных блоков в протоколе

анестезиологического сопровождения. В результате исследования было выявлено, что комбинация нескольких межфасциальных блоков при удалении объёмных образований обеспечивает значимо лучший уровень аналгезии в раннем послеоперационном периоде, однако при выполнении унилатеральной мастэктомии комбинация поперечно-плоскостной блокада с блокадой в плоскости мышц-разгибателей спины не даёт уменьшения уровня послеоперационной боли. При мастэктомиях, затрагивающих краниальные пакеты молочных желёз, наилучший результат по послеоперационному обезболиванию показывает применение блокады нервов нейрофасциального пространства передней зубчатой мышцы. Включение межфасциальных плоскостных блоков в протокол анестезиологического сопровождения онкологических пациентов позволяет значительно снизить или исключить применение наркотических анальгетиков в периоперационном периоде и, соответственно, избежать побочных эффектов и осложнений, связанных с применением наркотических препаратов, что особенно важно для ослабленных и гериатрических пациентов.

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ / TERMINOLOGY

ESP-блок (от англ. *erector spinae plane block*) — блокада в плоскости мышц-разгибателей спины, при которой под контролем ультразвука местный анестетик вводится между мышцей, выпрямляющей спину (сложный комплекс из трёх мышц: подвздошно-рёберной, длиннейшей и остистой мышц), и поперечным отростком позвонка, блокируя дорсальные и вентральные ветви грудного и брюшного спинномозговых нервов.

SAPB-блок (от англ. *serratus anterior plane block*) — блокада нервов нейрофасциального пространства передней зубчатой мышцы, при выполнении блокируются боковые кожные ветви межрёберных нервов и длинный грудной нерв.

*TAP-блок (*от англ. *transversus abdominis plane block*) — поперечно-плоскостная блокада живота, в одном из вариантов которой местный анестетик вводится между внутренней косой и поперечной мышцами живота в подрёберной области (этот вариант блока обеспечивает более широкую зону аналгезии с захватом подмышечной области).

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Контроль боли является важной составной частью любого хирургического лечения [1], но у онкологических пациентов недостаточный контроль боли непосредственно влияет на результаты лечения в как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе [2]. При хирургическом лечении выраженный болевой синдром увеличивает время нахождения животного в стационаре и увеличивает риск развития послеоперационных осложнений. Важным аспектом контроля боли является то, что острый болевой синдром может хронизироваться, что значительно ухудшает качество жизни пациентов [3]. Развития хронического болевого синдрома происходит как за счёт сенситизации ноцицепторов области хирургического вмешательства (периферическая сенситизация), так и нейронов задних рогов спинного мозга (центральная сенситизация) [4, 5]. Регионарная анестезия, включённая в протоколы мультимодальной аналгезии, позволяет прерывать трансмиссию болевого импульса от ноцицепторов, и тем самым профилактирует центральную сенситизацию [6].

Использование плоскостных межфасциальных блоков позволяет уменьшить употребление опиоидов по сравнению с протоколами, не включающими регионарную анестезию [7], а также служит альтернативой применения нестероидных противовоспалительных препаратов [8]. Как в гуманной, так и в ветеринарной медицине вопрос плазменной концентрации местных анестетиков при выполнении плоскостных блоков на данный момент имеет слабую доказательную базу [9], что требует дальнейших исследований вида местных анестетиков, а также объёма и концентрации вводимых растворов.

Целью нашей работы было показать обоснованность и эффективность использования регионарной анестезии в виде плоскостных межфасциальных блоков при операциях по удалению опухолей мягких тканей в области грудной клетки у мелких домашних животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводилось на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», сети ветеринарных клиник ВЕГА и Перспектива-вет г. Санкт-Петербурга.

В исследование были включены 49 животных: 30 собак *(Canis lupus familiaris)* и 19 кошек *(Felis catus)*, которым в период с 2023 по 2024 год были проведены операции по удалению опухолей мягких тканей в области грудной клетки.

У 24 собак были диагностированы опухоли молочных желёз, у четырёх — кожные мастоцитомы, у двух собак — саркомы мягких тканей (липосаркома и периваскулярная опухоль).

У 12 кошек были диагностированы опухоли молочных желёз, у семи — саркомы области инъекции.

Новообразования выявлялись с помощью клинического исследования и методов инструментальной диагностики.

Критерием включения животных в исследование было применение регионарной анестезии в виде межфасциальных плоскостных блоков в протоколе анестезиологического сопровождения.

Плоскостные блоки выполнялись под сонографическим контролем на стационарном ультразвуковом сканере Sonoscape S20Pro (Китай) с использованием линейного датчика 12L.

Для данного вида регионарной анестезии использовался бупивакаин 2 мг/кг.

Уровень боли интраоперационно оценивался по показателям мониторинга пациента (частота сердечных сокращений, частота дыхательных движений, артериальное давление), в послеоперационный период в условиях стационара — по четырёхбалльной визуальной аналоговой шкале оценки боли.

В нашем исследовании приняли уровень значимости равным 95% *(p=0,05)*. Статистическую обработку полученных данных выполнили в программе BioStat, AnalystSoft Inc., версия 7.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В исследование были включены 30 собак и 19 кошек, у которых были диагностированы новообразования мягких тканей в области грудной клетки.

Средний возраст собак составил 10,3 лет (95% доверительный интервал (ДИ) 9,3–11,4 лет), кошек — 10,5 лет (95% ДИ 8,4–12,6 лет).

Средняя масса тела собак составила 19,0 кг (95% доверительный интервал (ДИ) 12,9–25,1 лет), кошек — 4,6 (95% ДИ 4,4–4,9 лет).

Породной и половой предрасположенности у животных не установлено.

Животным с диагностированными опухолями молочных желёз (ОМЖ) (24 собакам и 12 кошкам) были проведены унилатеральные мастэктомии (36 оперативных вмешательств). Использовались TAP-блок и SAPB-блок в монорежиме, а также комбинации TAP-блок + ESP-блок и TAP-блок + SAPB-блок (подробное сведения представлены в таблицах 1 и 2).

Четырём собакам было проведено удаление мастоцитом (одной из них также была проведена лимфаденэктомия подмышечных лимфатических узлов) (Рис. 1). Использовались комбинации ESP -блок + SAPB-блок и TAP-блок + ESP-блок + SAPB-блок.

Двум собакам и семи кошкам было проведено удаление сарком мягких тканей (у кошек проводилось широкое иссечение сарком места инъекции с резекцией остистых отростков позвонков, (Рис. 2)). Использовались SAPB-блок в монорежиме, а также комбинации TAP-блок + SAPB-блок и ESP-блок + SAPB-блок (подробное сведения представлены в таблицах 1 и 2).

Интраоперационная аналгезия была эффективной у всех животных.

Вид межфасциальных блоков и средний уровень боли в раннем послеоперационном периоде представлены в таблице 1 для собак и в таблице 2 для кошек.

Как видно из таблицы, при проведении унилатеральных мастэктомий наиболее выраженный эффект даёт применение SAPB-блока (блокада нервов нейрофасциального пространства передней зубчатой мышцы). Комбинация ESP-блок + SAPB-блок даёт обеспечивает хорошую аналгезию при удалении кожных мастоцитом без сопутствующей лимфодиссекции, а при резекции объёмных мастоцитом с одновременной лимфаденэктомией для эффективной аналгезии необходимо применять расширенную комбинацию TAP-блок + ESP-блок + SAPB-блок.



*Рисунок 1 – Объёмное новообразование у собаки в области мечевидного хряща и ML2, размеры 108*146 мм, инвазирующее подмышечные лимфатические узлы.*

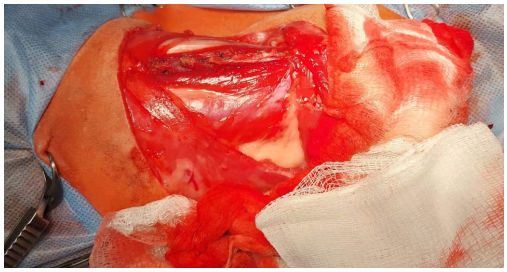


Рисунок 2 – Операционная рана после удаления опухоли и резекции остистых отростков позвонков у кошки с саркомой места инъекции.

Таблица 1 – Вид межфасциальных блоков и средний уровень боли в раннем послеоперационном периоде (собаки)

Вид межфасциальных блоков	Операция	Голов	Средний уровень боли по визуальной аналоговой шкале оценки боли
Только TAP-блок	мастэктомия унилатеральная	6	0,7 балла
TAP-блок + ESP-блок	мастэктомия унилатеральная	8	1,5 балла
Только SAPB-блок	мастэктомия унилатеральная	8	0 баллов
TAP-блок + SAPB-блок	мастэктомия унилатеральная	2	0 баллов
TAP-блок + SAPB-блок	удаление саркомы мягких тканей	2	1 балл
ESP-блок + SAPB-блок	удаление мастоцитомы	3	0 баллов
TAP-блок + ESP-блок + SAPB-блок	удаление мастоцитомы + лимфодиссекция	1	1 балл
Итого		30	0,7 балла (95% ДИ 0,4–1,0 балла)

Таблица 2 – Вид межфасциальных блоков и средний уровень боли в раннем послеоперационном периоде (кошки)

Вид межфасциальных блоков	Операция	Голов	Средний уровень боли по визуальной аналоговой шкале оценки боли
TAP-блок + ESP-блок	мастэктомия унилатеральная	6	1 балл
Только SAPB-блок	мастэктомия унилатеральная	6	0 баллов
Только ESP-блок	удаление саркомы места инъекции с резекцией остистых отростков позвонков	1	3 балла
ESP-блок + SAPB-блок	удаление саркомы места инъекции с резекцией остистых отростков позвонков	6	1 балл
Итого		19	0,8 балла (95% ДИ 0,5–1,2 балла)

У кошек так же, как и у собак, при проведении унилатеральных мастэктомий наиболее выраженный эффект даёт применение SAPB-блока. А вот применение ESP-блока в монорежиме не обеспечивает должный уровень аналгезии при широком иссечении саркомы места инъекции с резекцией остистых отростков позвонков, поэтому при таких операциях необходима комбинация ESP-блок + SAPB-блок.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Применение межфасциальных плоскостных блоков позволяет обеспечить как интраоперационную аналгезию, так и длительную аналгезию в послеоперационном периоде.

Комбинация нескольких межфасциальных блоков при удалении объёмных образований обеспечивает значимо лучший уровень аналгезии в раннем послеоперационном периоде, однако при выполнении унилатеральной мастэктомии комбинация поперечно-плоскостной блокады с блокадой в плоскости мышц-разгибателей спины не даёт уменьшения уровня послеоперационной боли.

При мастэктомиях, затрагивающих краниальные пакеты молочных желёз, наилучший результат по послеоперационному обезболиванию показывает применение блокады нервов нейрофасциального пространства передней зубчатой мышцы.

Включение межфасциальных плоскостных блоков в протокол анестезиологического сопровождения онкологических пациентов позволяет значительно снизить или исключить применение наркотических анальгетиков в периоперационном периоде и, соответственно, избежать побочных эффектов и осложнений, связанных с применением наркотических препаратов, что особенно важно для ослабленных и гериатрических пациентов.

THE USE OF INTERFASCIAL BLOCKS FOR COMPLEX ANALGESIA IN THE SURGICAL RESICRION OF SOFT TISSUE TUMORS IN THE CHEST AREA IN KOMPANION ANIMALS

Semenov B.S. – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Surgery (ORCID: 0000-0003-0149-9360); **Nechaev A.Yu. –** Doctor of Veterinary Sciences, docent, Head of the Department of Surgery (ORCID: 0000-0001-9035-0036); **Nazarova A.V. –** Candidate of Veterinary Sciences, Assistant of the Department of Surgery (ORCID: 0000-0003-4726-6204).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

* anna.v.nazarova@mail.ru

ABSTRACT

Achieving satisfactory results of surgical treatment of cancer patients is impossible without pain control both intraoperatively and in the early postoperative period. The inclusion of regional anesthesia in multimodal pain control protocols can significantly improve the quality of analgesia and accelerate patient recovery after surgery. Nevertheless, each method of interfascial plane block has its own indications, contraindications, and complications. The purpose of our study was to show the validity and effectiveness of the use of regional anesthesia in the form of interfascial plane blocks during surgical resection of soft tissue tumors in the chest area in companion animals. The study were included 49 animals (30 dogs and 19 cats) who underwent surgery resection of soft tissue tumors in the chest area. The criterion for the inclusion of animals in the study was the use of regional anesthesia in the form of interfascial plane blocks in the anesthesia protocol. As a result of the study, it was revealed that the combination of several interfascial blocks provides a significantly better level of analgesia in resection of volumetric formations in the early postoperative period, however, when performing a unilateral mastectomy, the combination of a transversus abdominis plane block with a erector spinae plane block does not reduce the postoperative pain level. In mastectomies involving the cranial mammary glands, the best result for postoperative anesthesia is shown by the use of serratus anterior plane block. The inclusion of interfascial plane blocks in the anesthesia protocol for oncological patients makes it possible to significantly reduce or eliminate the use of narcotic analgesics in the perioperative period and, accordingly, avoid side effects and complications associated with the use of narcotic drugs, which is especially important for debilitated and geriatric patients.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Богданова, С.С. Применение метода биполярной коагуляции при кастрации кошек / С. С. Богданова, В. Б. Сосновский, А. А. Стекольников, М. А. Ладанова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2019. – № 3. – С. 129-130. – DOI 10.17238/issn2072-6023.2019.3.129. – EDN YTXVJE.

2.Назарова, А. В. Методы аналгезии у мелких домашних животных с онкологическими патологиями / А. В. Назарова, Б. С. Семенов, А. А. Дудченко // Эффективные и безопасные лекарственные средства в ветеринарии : материалы VI Международного конгресса, Санкт-Петербург, 15–17 мая 2024 года. – Санкт-Петербург: Издательство ЛЕМА, 2024. – С. 94-97. – EDN VORVNP.

3.Махарин О.А., Женило В.М., Скобло М.Л. Варианты поперечно-плоскостной блокады и блокады квадратной мышцы (обзор) // Общая реаниматология. 2019. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/varianty-poperechno-ploskostnoy-blokady-i-blokady-kvadratnoy-myshtsy-obzor (дата обращения: 15.08.2024).

4.Яхно Н.Н., Кукушкин М.Л. Хроническая боль: медико-биологические и социально-экономические аспекты. Вестник РАМН, 2012; 9: 54-58.

5.Kandil E., Melikman E., Adinoff B. Lidocaine Infusion: A Promising Therapeutic Approach for Chronic Pain. J. Anesth. Clin. Res. 2017; 8 (1): 697. doi: 10.4172/2155-6148.1000697

6.Brown E.N., Pavone K.J., Naranjo M. Multimodal General Anesthesia: Theory and Practice. Anesthesia & Analgesia. 2018; 127 (5): 1246−58. doi: 10.1213/ANE.0000000000003668

7.Park M.H., Kim J.A., Ahn H.J., Yang M.K., Son H.J., Seong B.G. A randomised trial of serratus anterior plane block for analgesia after thoracoscopic surgery. Anaesthesia. 2018; 73 (10): 1260–4. doi: 10.1111/anae.2018.73.issue-10

8.Ибрагимов А. Т., Антипин Э. Э., Свирский Д. А., Шах Б. Н., Ковалёв С. В., Волчков В. А. Продлённая ультразвук-ассистированная блокада нервов нейрофасциального пространства передней зубчатой мышцы у пациентов с сочетанной травмой. Описание серии клиниче-

ских случаев // Регионарная анестезия и лечение острой боли. 2019. №1-4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/prodlyonnaya-ultrazvuk-assistirovannaya-blokada-nervov-neyrofastsialnogo-prostranstva-peredney-zubchatoy-myshtsy-u-patsientov-s (дата обращения: 14.08.2024).
9.Kunigo T., Murouchi T., Yamamoto S., Yamakage M. Injection volume and anesthetic effect in serratus plane block. Region Anesth. Pain M. 2017; 42 (6): 737–40. doi: 10.1097/AAP.0000000000000649

REFERENCES

1.Bogdanova, S.S. Application of the method of bipolar coagulation in castration of cats / Bogdanova S.S., Sosnovskii V.B., Stekolnikov A.A., Ladanova M.A. // M.A.Legal regulation in veterinary medicine. -2019. 3. pp. 129-130.
2.Nazarova, A.V. The possibilities of analgesia in patients with oncological pathologies / A.V. Nazarova, B.S. Semenov, A.A. Dudchenko // Effective and safe medicines in veterinary medicine: proceedings of the VI International Congress, St. Petersburg, May 15-17, 2024. – St. Petersburg: LEM Publishing House, 2024. – pp. 94-97. – EDN VORVNP.
3.Makharin Oleg A., Zhenilo Vladimir M., Skoblo Mikhail L. Variants of the Transverse Plane Block and Quadratus Lumborum Block (Review) // GENERAL REANIMATOLOGY, 2019, 15; 3.
4.Yakhno N.N., Kukushkin M.L. Chronic pain: biomedical and socio-economic aspects.Vestnik RAMN, 2012; 9: 54-58
5.Kandil E., Melikman E., Adinoff B. Lidocaine Infusion: A Promising Therapeutic Approach for Chronic Pain. J. Anesth. Clin. Res. 2017; 8 (1): 697. doi: 10.4172/2155-6148.1000697
6.Brown E.N., Pavone K.J., Naranjo M. Multimodal General Anesthesia: Theory and Practice. Anesthesia & Analgesia. 2018; 127 (5): 1246−58. doi: 10.1213/ANE.0000000000003668
7.Park M.H., Kim J.A., Ahn H.J., Yang M.K., Son H.J., Seong B.G. A randomised trial of serratus anterior plane block for analgesia after thoracoscopic surgery. Anaesthesia. 2018; 73 (10): 1260–4. doi: 10.1111/anae.2018.73.issue-10
8.Ibragimov A.T., Antipin E.E., Svirsky D.A., Shah B.N., Kovalev S.V., Volchkov V.A. Ultra-sound-guided continuous Serratus anterior plane block for combined trauma: case series. Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroy boli (Regional Anesthesia and Acute Pain Management, Russian journal). 2019; 13 (1–4): 22–26. (In Russ.). DOI: 10.17816/1993-6508-2019-13-1-4-22-26
9.Kunigo T., Murouchi T., Yamamoto S., Yamakage M. Injection volume and anesthetic effect in serratus plane block. Region Anesth. Pain M. 2017; 42 (6): 737–40. doi: 10.1097/AAP.0000000000000649

УДК: 619:616.71-001.5:636.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.450

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИЗУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ЛОШАДЕЙ С ПЕРЕЛОМАМИ КОНЕЧНОСТЕЙ

Сучков М.В.* – соискатель каф. диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства (ORCID 0009-0005-6567-3577); **Чернигова С.В.** – д-р ветеринар. наук, проф., директор института ветеринарной медицины и биотехнологии (ORCID 0000-0003-1131-7938).

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

*mikhailvet@yandex.ru

Ключевые слова: лошадь, перелом, рентгенологическое исследование, магнитно-резонансная томография, третья плюсневая кость, путовая кость, травма

Key words: horse, fracture, radiological study, magnetic resonance imaging, third metatarsal bone, pastern bone, injury

Поступила: 08.07.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ.

В статье представлена сравнительная характеристика рентгенологического метода и метода магнитно-резонансной томографии при диагностике переломов дистальных отделов конечностей у лошадей. Исследования проводились на базе ветеринарной клиники «Максима Вет» и кафедры диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства ФГБОУ ВО Омский ГАУ с января 2023 года по настоящее время. Объектом исследования являлись лошади с подозрением на трещину третей плюсневой кости (n=9) и на перелом проксимальной фаланги (n=11). Использовали комплекс диагностических методов, включавший первичный осмотр, рентгенологическое исследование и магнитно-резонансную томографию области с предполагаемой патологией. Статистическую обработку полученных данных проводили по общепринятым методикам. Рентгенологическое исследование данных видов переломов не является объективным методом диагностики в большей степени из-за плоскостного характера изображения, которое не позволяет четко визуализировать и дифференцировать нормальные физиологические структуры от патологических, а также есть вероятность их наложения. При проведении магнитно-резонансной томографии были выявлены переломы исследуемых областей в 100 % случаев. При этом, стоит отметить, что переломы данных структур чаще регистрировались у особей мужского пола – меринов и жеребцов, в то время как у кобыл данные патологии встречались значительно реже. Возраст животных при сагиттальном переломе проксимальной фаланги составил 10,4±0,9 лет, при переломе латерального мыщелка третьей плюсневой кости – 9,8±0,7. Полученные результаты позволяют улучшить дифференциальную диагностику патологий опорно-двигательного аппарат у лошадей для незамедлительного начала необходимой терапии и быстрого восстановления травмированного животного.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Одной из актуальных проблем конной ветеринарной медицины являются переломы конечностей, которые в большинстве случае носят травматических характер [1, 2]. Животные, находящиеся в зоне риска возникновения данных патологий, зачастую испытывают высокие спортивные нагрузки, что приводит к изменению функций опорно-двигательного аппарата и, как следствие, к нарушению целостности костной ткани и окружающих ее структур [3,4]. Наиболее распространённым и рутинным методом диагностики костной патологии является рентгенологическое исследование, однако оно не всегда является информативным. В настоящее время в ветеринарной медицине с успехом стала применятся магнитно-резонансная томография (МРТ), позволяющая получать подробнейшие послойные снимки практически любой области тела. В ходе одного исследования томографическая установка делает десятки или сотни снимков области интереса в трех проекциях с мельчайшими подробностями, а благодаря высокому тканевому контрасту обеспечивается максимальная точность диагностики [5,6,7].

Исходя из вышеизложенного, **целью** данного исследования являлось проведение сравнительной оценки эффективности методов визуальной диагностики (рентгенологического и магнитно-резонансной томографии) при диагностике лошадей с переломами конечностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводили на базе ветеринарной клиники «Максима Вет» и кафедры диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства ФГБОУ ВО Омский ГАУ с января 2023 года по настоящее время. Объектом исследования являлись лошади с признаками трещины третей плюсневой кости (n=9) и проксимальной фаланги (n=11).

Для постановки диагноза использовали комплекс методов, включавший первичный осмотр, рентгенологическое исследование и магнитно-резонансную томографию области предполагаемой патологии (рис. 1). Рентгенографическое исследование проводили при помощи плоскопанельного детектора Canondigitalradiographysystem Wireless CXDI-702 Series и рентгеновского аппарата Gierth HF 80/20



Рисунок 1 – Проведение магнитно-резонансной томографии.



Рисунок 2 – Выполнение рентгенограммы левой грудной конечности у лошади.

(рис. 2). Для проведения магнитно-резонансной томографии был разработан оригинальный томограф на базе постоянного магнита с индукцией магнитного поля 0,29 Тл, с открытым типом магнита и U-образной конструкцией, позволяющий обследовать конечности лошади без применения анестезии в стоячем положении. Статистическую обработку полученных данных проводили по общепринятым методикам [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Проведенные исследования лошадей в количестве 20 голов, поступивших в ветеринарную клинику «Максима Вет», свидетельствовали о наличии костной патологии дистальных отделов конечностей, на основании полученных рентгенограмм конечностей не удалось установить зону повреждения и поставить окончательный диагноз, т.к. на снимках не было четкой визуализации изменений, в связи с этим животным была проведена магнитно-резонансная томография. МРТ позволила установить окончательный диагноз, согласно которому животные были распределены на две группы в зависимости от вида перелома (табл. 1).

Согласно полученным результатам, наиболее часто встречающимися переломами дистальных отделов конечностей у лошадей являются переломы проксимальной фаланги и третьей плюсневой кости. При этом стоит отметить, что переломы данных структур наиболее часто встречались у особей мужского пола – меринов и жеребцов, в то время как у кобыл данные травмы регистрировались реже более чем в 2 раза. Возраст животных существенных различий не выявил, так при сагиттальном переломе проксимальной фаланги он составил 10,4±0,9 лет, при переломе латерального мыщелка третьей плюсневой кости – 9,8±0,7. Не было установлено и существенных породных особенностей, данные виды переломов встречались у лошадей различных пород: ганноверской, тракененской, голштинской, голландской теплокровной, вестфальской, арабской, чистокровно верховой и русской верховой.

Визуализировать сагиттальный перелом проксимальной фаланги у лошадей, основываясь исключительно на данных рентгеновских снимков, не всегда представляется возможным [11]. Так, например, наличие сагиттальных трещин проксимальной фаланги на рентгенограммах можно принять за сосудистый канал, который является нормой для данной анатомической структуры (рис. 3). При проведении МРТ трещина путовой кости диагностируется в 100 % случаев и диагноз уже не вызывает сомнений (рис 4 а, б).

Таблица 1 – Распределение животных в зависимости от области перелома, пола, возраста и массы тела

Вид перелома	Группа	Кол-во, голов	Встречаемость переломов, %			Средняя масса тела, кг	Возраст на момент поступления, лет
			мерин	жеребец	кобыла		
Сагиттальной перелом проксимальной фаланги	I	11	31,2	35,7	33,1	520,8±11,4	10,4±0,9
Перелом латерального мыщелка третьей плюсневой кости	II	9	38,4	34,5	27,1	505,6±9,9	9,8±0,7
Примечание: различия между сравниваемыми величинами достоверны (P≤0,05)							

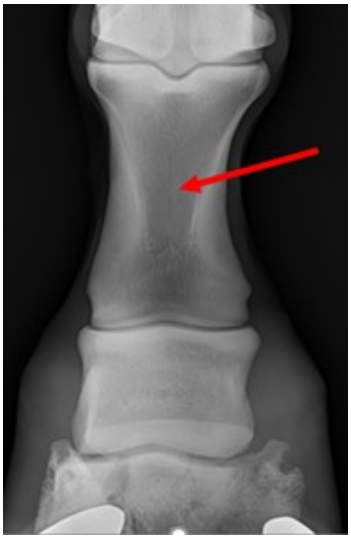


Рисунок 3 – Рентгенограмма проксимальной фаланги. Стрелкой указана трещина, схожая с сосудистым каналом.

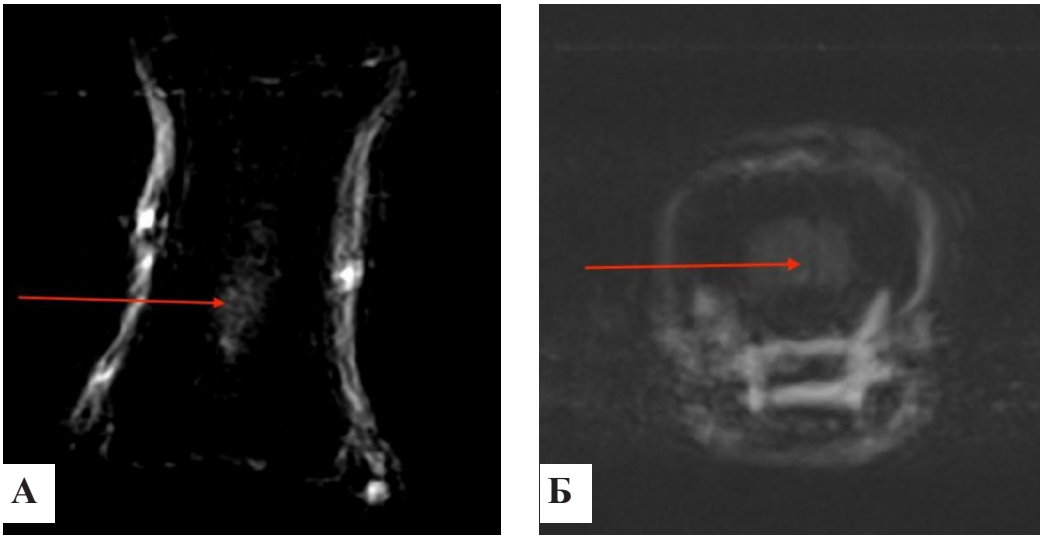


Рисунок 4 – Результаты магнитно-резонансной томографии этой же проксимальной фаланги. Стрелками отмечены зоны пониженной плотности, свидетельствующие о наличии повреждения костной ткани (трещины): а – сагиттальный срез; б – поперечный срез.

Еще одним переломом, который спорно визуализируется по рентгеновским снимкам, является перелом латерального мыщелка третьей плюсневой кости. Это происходит в связи с тем, что «зона интереса» представляется плоскостным изображением и в данном случае происходит наложение сесамовидных костей (рис. 5). Однако при проведении магнитно-резонансной томографии в трех проекциях, четко визуализируются зоны пониженной плотности, которые свидетельствуют о наличии повреждений костной ткани, и постановка диагноза не вызывает сложностей (рис. 6 а, б).

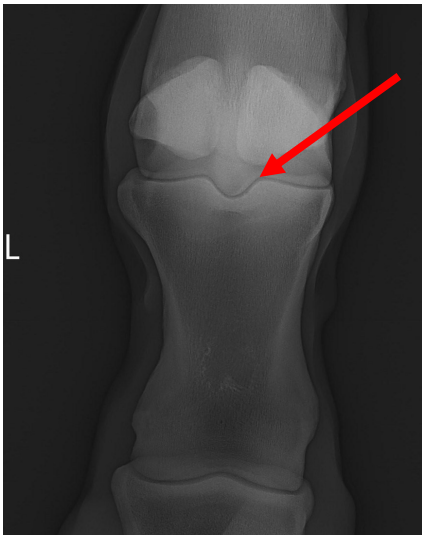


Рисунок 5 – Результаты рентгенологического исследования. Подозрение на трещину в области латерального мыщелка третьей плюсневой кости.

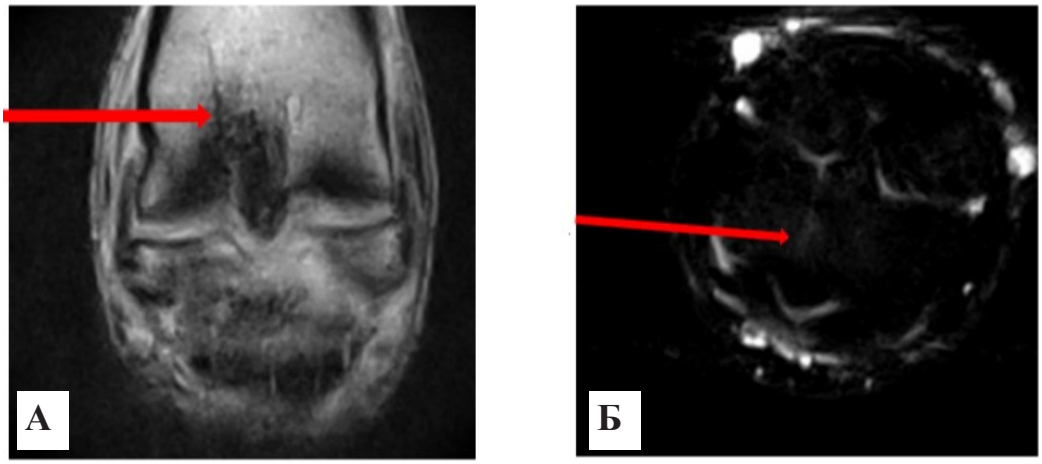


Рисунок 6 – Результаты магнитно-резонансной томографии латерального мыщелка третьей плюсневой кости. Стрелками отмечена зона пониженной плотности, свидетельствующая о наличии перелома: а – при проведении фронтального МР-сканирования; б –при проведении поперечного МР-сканирования

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, ортопедические заболевания, являющиеся основной причиной уменьшения работоспособности лошадей, приводящие к снижению эффективности тренинга и окончанию спортивной карьеры, требуют от ветеринарных врачей постоянного поиска объективных средств для постановки верного диагноза [9,10]. Возможность быстро и правильно дифференцировать патологию и вовремя начать необходимую терапию является ключевой задачей ветеринарного специалиста. Установлено, что магнитно-резонансная томография является наиболее информативным методом исследования переломов путовой и третьей пястной костей у лошадей по сравнению с рентгенологическим исследованием. Визуализация патологий на ранних стадиях дает значительный

эффект при восстановлении животного и его возвращении к нагрузкам. Полученные результаты позволяют значительно улучшить дифференциальную диагностику патологий опорно-двигательного аппарат у лошадей.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF RADIOLOGICAL EXAMINATION AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN THE DIAGNOSIS OF LIMB FRACTURES IN HORSES

Suchkov M.V.[*] – the applicant of the department of diagnostics, internal non-contagious diseases, pharmacology, surgery and obstetrics (ORCID 0009-0005-6567-3577); **Chernigova S.V.** – doctor of veterinary sciences, professor, Director of the Institute of Veterinary Medicine and Biotechnology (ORCID0000-0003-1131-7938).

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin

[*]mikhailvet@yandex.ru

ABSTRACT

The article presents a comparative characteristic of the radiological method and magnetic resonance tomography in the diagnosis of distal fractures. Method and magnetic resonance imaging method in diagnosing fractures of distal limbs in horses. The research was conducted on the basis of the veterinary clinic "Maxima Vet" and the department of diagnostics, internal non-communicable diseases, pharmacology, surgery and obstetrics of FGBOU VO Omsk GAU from January 2023 to the present time. The object of the study were horses with suspected fracture of the metatarsal bone (n=9) and fracture of the proximal phalanx (n=11). A set of diagnostic methods was used, including primary examination, radiological examination and magnetic resonance imaging of the area with suspected pathology. Statistical processing of the obtained data was carried out according to generally accepted methods. Radiological examination of these types of fractures is not an objective method of diagnosis to a greater extent due to the planar nature of the image, which does not allow clear visualisation and differentiation of normal physiological structures from pathological ones, and there is a probability of their superimposition. Magnetic resonance imaging revealed fractures of the investigated areas in 100% of cases. It is worth noting that fractures of these structures were more frequently registered in males - geldings and stallions, while in mares these pathologies were much less frequent. The age of animals with sagittal fracture of the proximal phalanx was 10.4±0.9 years, with fracture of the lateral condyle of the third metatarsal bone - 9.8±0.7 years. The obtained results allow to improve differential diagnostics of pathologies of musculoskeletal apparatus in horses for immediate start of necessary therapy and quick recovery of the traumatised animal.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ковач, М. Ортопедические заболевания лошадей. Современные методы диагностики и лечения / М. Ковач // М.: КЛАСС ЭЛИТА, 2017. – 640 с.
2. Бачурина, Е. М. Двигательные, прыжковые качества лошадей спортивного направления и их работоспособность / Е. М. Бачурина, В. И. Полковникова. – Текст: непосредственный // Пермский аграрный вестник. – 2020. – № 1(29). – С. 108-114
3. Чернигова, С. В. Коррекция нарушений метаболизма тканевых структур у лошадей с повреждениями сухожилий и связок дистальных отделов конечностей / С. В. Чернигова, Ю. В. Чернигов, Н. В. Бабаков // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2017. – № 2. – С. 98-101.
4. O'Hare LM, Cox PG, Jeffery N, Singer ER. Finite element analysis of stress in the equine proximal phalanx. Equine Vet J. 2013 May;45(3):273-7
5. Brown J. Orthopedic Imaging: A Practical Clinical Guide. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2022 Jul;52(4):869-906
6. Manso-Diaz G, Weller R, Biggi M. Clinical insights: Advances in diagnostic imaging: Fractures. Equine Vet J. 2018 Nov;50(6):708-709.
7. Lipreri, G. Conservative versus surgical

treatment of 21 sports horses with osseous trauma in the proximal phalangeal sagittal groove diagnosed by low-field MRI / G. Lipreri, B. M. Bladon, M. E. Giorio, E. R. Singer. – Text: direct // Vet Surg. - 2018. – №47(7). – P. 908-915
8. Методология научного исследования / Н.А. Слесаренко и [др.]; под ред. Н.А. Слесаренко. - СПб.: Лань, 2017. – 268 с.
9. Arthroscopic removal of axial osteochondral fragments of the proximoplantar aspect of the proximal phalanx using electrocautery probes in 23 standardbred racehorses / O. Simon, S. Laverty, L. Bouré [et al.]. – Text: direct // Vet Surg. - 2004. – № 33(4). – P .422-7
10. Титова, Е. В. Этиология спортивного травматизма у конкурных лошадей / Е. В. Титова, А. А. Стекольников. – Текст: непосредственный // Иппология и ветеринария. – 2022. – № 1(43). – С. 24-31.
11. Smith, M. R. Radiographic configuration and healing of 121 fractures of the proximal phalanx in 120 Thoroughbred racehorses (2007-2011) / M. R. Smith, & Wright // Equineveterinaryjournal, 2014. – *46*(1). – P.81–87.

REFERENCES

1. Kovacs, M. Orthopaedic diseases of horses. Modern methods of diagnosis and treatment / M. Kovacs // M.: CLASS ELITE, 2017. - 640 c.
2. Bachurina, E. M. Motor, jumping qualities of sport horses and their performance / E. M. Bachurina, V. I. Polkovnikova. - Text: direct // Perm agrarian bulletin. - 2020. - № 1 (29). - C. 108-114
3. Chernigova, S. V. Correction of metabolic disorders of tissue structures in horses with injuries of tendons and ligaments of distal limbs / S. V. Chernigova, Y. V. Chernigov, N. V. Babakov // Issues of normative-legal regulation in veterinary medicine. - 2017. - № 2. - C. 98-101.
4. O'Hare LM, Cox PG, Jeffery N, Singer ER. Finite element analysis of stresses in the proximal phalanx of the horse. Equine Vet J. 2013 May;45(3):273-7
5. Brown J. Orthopedic Imaging: A Practical Clinical Guide. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2022 Jul;52(4):869-906
6. Manso-Diaz G, Weller R, Biggi M. Clinical insights: Advances in diagnostic imaging: Fractures. Equine Vet J. 2018 Nov;50 (6):708-709.
7. Lipreri, G. Conservative versus surgical treatment of 21 sport horses with osseous trauma in proximal phalangeal sagittal groove diagnosed by low-field MRI / G. Lipreri, B. M. Bladon, M. E. Giorio, E. R. Singer. - Text: direct // Vet. surgery - 2018. - №47(7). - P. 908-915
8. Methodology of scientific research / H.A. Slesarenko and [others]; ed. by H.A. Slesarenko. - SPb.: Lan, 2017. - 268 c.
9. Arthroscopic removal of axial osteochondral fragments of the proximoplantar aspect of the proximal phalanx using electrocautery probes in 23 standardbred racehorses / O. Simon, S. Laverty, L. Buret [et al] - Text: direct // Vet. surgery - 2004. - № 33(4). - P .422-7
10. Titova, E. V. Etiology of sports traumatism in competition horses / E. V. Titova, A. A. Stekolnikov. - Text: direct // Hippology and veterinary medicine. - 2022. - № 1(43). - C. 24-31.
11. Smith, M. R. Radiographic configuration and healing of 121 proximal phalanx fractures in 120 Thoroughbred horses (2007-2011) / M. R. Smith, & Wright // Equineveterinaryjournal, 2014. - 46(1). - P.81-87.

УДК: 617.713-021.3-08:636.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.457

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ СПОНТАННЫХ ДЕФЕКТОВ ЭПИТЕЛИЯ РОГОВИЦЫ У СОБАК

Прудникова Е.В.* – канд. ветеринар. наук, асс. каф. общей, частной и оперативной хирургии (ORCID 0000-0002-9866-1231); **Стекольников А.А**. – д-р ветеринар. наук, проф., академик РАН, проф. каф. общей, частной и оперативной хирургии (ORCID 0000-0002-9519-2839).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*vasilyeva.eye@yandex.ru

Ключевые слова: *хроническая эрозия, роговица, дефект эпителия, поверхностная кератэктомия, кератотомия.*

Key words: *chronic erosion, cornea, epithelial defect, superficial keratectomy, keratotomy.*

Поступила: 28.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Актуальность: спонтанные хронические дефекты эпителия роговицы (СХДЭР) – распространенная патология собак, характеризующаяся формированием поверхностных эрозий, устойчивых к медикаментозному лечению. Цель: сравнение эффективности поверхностной кератэктомии и решетчатой кератотомии в монорежиме и комбинаций каждой из этих методик с дополнительной обработкой алмазным бором для лечения СХДЭР. Материалы и методы: в исследование были включены 63 собаки с этой патологией, разделенные на 4 группы: группа 1 – лечение проводилось методом поверхностной кератэктомии (n=15), группа 2 – методом решетчатой кератотомии (n=14), группа 3 – комбинацией методов поверхностной кератэктомии и обработки периферии роговицы алмазным бором (n=19), группа 4 - комбинацией методов решетчатой кератотомии и обработки периферии роговицы алмазным бором (n=15). Результаты: через 14 дней после операции область первичного дефекта была полностью эпителизирована в первой группе в 93,3% случаев, во второй – в 85,7%, в третьей – в 100 %, в четвертой – в 93,3%. Новые дефекты эпителия присутствовали в группе 1 в 60% случаев, в группе 2 – в 50%, в группе 3 – в 5,2%, в группе 4 – в 6,7%. Время полного заживления роговицы в группе 1 составило 19,9±5,3 дней, в группе 2 – 19,4±6,5 дней, в группе 3 – 14,8±3,7 дней и в группе 4 – 15,5±4,4 дней. В группе 3 и 4 встречаемость новых дефектов роговицы была статистически значимо меньше, чем в группах 1 и 2, а также было обнаружено статистически значимое уменьшение срока заживления в группах 3 и 4 по сравнению с группами 1 и 2. Вывод: обработка всей площади роговицы алмазным бором в сочетании с поверхностной кератэктомией или решетчатой кератотомией является эффективной методикой лечения СХДЭР и сокращает время заживления в среднем на 4 дня.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Спонтанные хронические дефекты эпителия роговицы (СХДЭР) – это поверхностные, неинфицированные хронические эрозии с плохо прикрепленным эпителиальным краем, не заживающие путем нормальной реэпителизации за 7-14 дней [1]. Клинические признаки включают блефароспазм различной степени тяжести, эпифору, отек, фиброз и васкуляризацию роговицы [2]. Без лечения клинические признаки сохраняются примерно на одном уровне месяцами, что существенно снижает качество жизни животного и предрасполагает к осложнениям (инфекции роговицы, формированию устойчивого ее помутнения). Гистопатологические признаки СХДЭР включают в себя изъязвления эпителия, дисплазию окружающего дефект эпителия без адгезии его к строме, отсутствие базальной мембраны, а в передней части стромы роговицы обнаруживается тонкий гиалинизированный бесклеточный слой и аномалии нервного сплетения [3]. Ранее СХДЭР называли «язвой боксеров» из-за широкого распространения патологии среди собак этой породы, однако, на данный момент известно, что хроническая эрозия встречается у любых пород собак, особенно пациентов среднего и старшего возраста. Причины СХДЭР точно не установлены, предрасполагающими факторами считаются генетические мутации (выявлена мутация в гене NOG у боксеров с хроническими эрозиями [4]), нарушение гемидесмосом, в норме обеспечивающих адгезию эпителия к базальной мембране, утрата базальной мембраны, патологии строения передней стромы роговицы [2].

Описано несколько методов лечения хронической эрозии: медикаментозное лечение включает местное применение сыворотки крови, биологически активных веществ (прополис, алоэ вера, ромашка) [5], субстанции Р [6], производных тетрациклина, эпидермального фактора роста, хондроитинсульфата [2, 3], хирургические техники включают укрытие глазного яблока фартуком третьего века, нанесение на дефект цианоакрилатного тканевого клея, термокаутеризацию [7], устранение эпителия роговицы ватной палочкой, лезвием скальпеля, алмазным бором [8, 9], поверхностную кератотомию (точечную, решетчатую) и поверхностную кератэктомию с использованием контактных линз или без него [10, 11]. Хирургические методики демонстрируют значительно большую эффективность по сравнению с только медикаментозным лечением. В последнее время активно изучаются комбинации хирургических методик, с целью определения наиболее эффективного способа лечения СХДЭР, который привел бы к сокращению времени заживления, сохранению максимальной прозрачности роговицы и профилактировал рецидивы.

Цель: сравнить эффективность поверхностной кератэктомии и решетчатой кератотомии в монорежиме и комбинаций каждой из этих методик с дополнительной обработкой роговицы алмазным бором для лечения спонтанных хронических дефектов эпителия роговицы у собак.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводилось на базе ветеринарной клиники неврологии, травматологии и интенсивной терапии г. Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины. Обследование и лечение прошли 63 собаки различных пород со спонтанными хроническими дефектами эпителия роговицы. Все собаки содержались в домашних условиях, были вакцинированы, обработаны от экто- и эндопаразитов, получали промышленный рацион для собак и были соматически здоровы. Всем животным было проведено полное офтальмологическое обследование, включавшее биомикроскопию (щелевая лампа Reichert PSL, Reichert, США), офтальмотонометрию тонометром TonoVet (Icare, Финляндия), офтальмоскопию (непрямой офтальмоскоп Omega-500, Heine, Германия и линза 20 D, Volk, США), тест Ширмера (TearFlo, Индия) и флюоресцеиновый

тест (BioGlo, Индия). Для исследования животные были разбиты на 4 группы: группа 1 – лечение проводилось методом поверхностной кератэктомии (n=15), группа 2 – методом решетчатой кератотомии (n=14), группа 3 – комбинацией методов поверхностной кератэктомии и обработки периферии роговицы алмазным бором (n=19), группа 4 - комбинацией методов решетчатой кератотомии и обработки периферии роговицы алмазным бором (n=15). Процедуры проводились с применением общей анестезии (пропофол, кетамин, изофлюран) и местного обезболивания (оксибупрокаин). После манипуляций с тканями роговицы всем животным была проведена временная тарзоррафия, в послеоперационный период применялись местно антибиотики широкого спектра (офлоксацин) в виде глазных капель по 1 капле 4 раза в день до снятия швов с век, было рекомендовано ношение защитного воротника. На момент снятия швов (через 14 дней после операции) во всех группах оценивали эпителизацию роговицы в зоне первичного дефекта и наличие новых дефектов в соседних участках по результату флюоресцеинового теста, а также степень фиброза и васкуляризации роговицы (посредством биомикроскопии). Учитывали время до полного заживления роговицы (отрицательный флюоресцеиновый тест), и в случаях, когда на 14-ый день присутствовали новые дефекты эпителия, животным из всех групп проводили обработку роговицы алмазным бором и продолжали местное лечение антибиотиками широкого спектра, а также ношение защитного воротника в течение еще 7-14 дней. Статистическая обработка данных проводилась в программе Statgraphics Centurion 19, статистическая значимость считалась при значениях $p<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Все обследованные животные поступили в клинику с симптомами блефароспазма, эпифоры, локального отека роговицы, проявлявшимися к моменту приема в течение 1-4 недель, не отвечавшими на медикаментозное лечение (местное использование антибиотика и/или офтальмологических лубрикантов). В ходе полного офтальмологического обследования было установлено, что у всех собак присутствовали дефекты эпителия роговицы с неровным краем различной формы и размера (рис. 1), эпителий по краю был рыхлым и неприкрепленным к строме, при флюоресцеиновом тесте дно дефекта окрашивалось, а также было заметно «подтекание» красителя под край эрозии (рис. 2), что является характерным признаком СХДЭР, данные офтальмоскопии, офтальмотонометрии и теста Ширмера не выходили за границы нормативных значений.

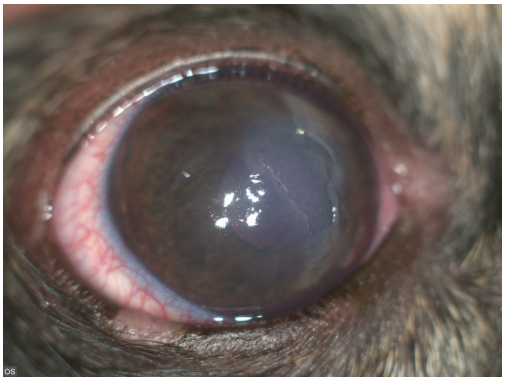


Рисунок 1 – Эрозия роговицы с неровным краем.

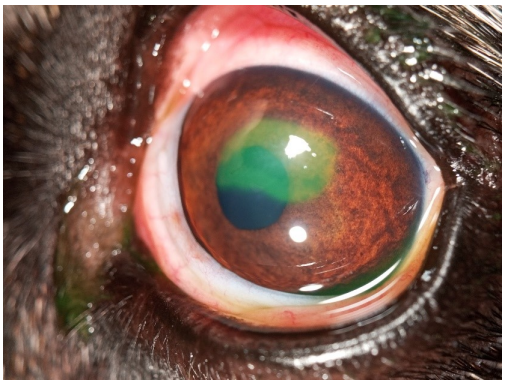


Рисунок 2 – Положительный флюоресцеиновый тест с подтеканием красителя под край дефекта.

В целом вся исследуемая популяция собак с хроническими эрозиями (n=63) включала 19 различных пород (рис.3), самыми распространенными были французские бульдоги (n=11, 17,5%), американский стаффордширский терьер (n=8, 12,7%), той-терьеры (n=7, 11,1%) и метисы (n=6, 9,5%). Широкую распространенность СХДЭР среди собак совершенно различных пород отмечали Dees et al. (2016), Spertus et al. (2017) и Boutin et al. (2020), и хотя в исследованиях этих авторов преобладали боксеры (в нашем исследовании всего 1 собака), было отмечено и большое количество метисов, стаффордширских терьеров, а также собак брахицефальных пород (ши-тцу, бостон-терьер, английский бульдог), что согласуется с нашими данными.

Возрастной диапазон всех животных был от 5 до 11 лет (средний возраст 7,7±1,4 лет), что согласуется, пусть и с небольшим отличием, с данными литературных источников, где сообщается о среднем возрасте 8-9 лет, то есть отмечается возрастная предрасположенность к развитию хронической эрозии [2, 10]. Распределение по полу было практически равномерным: кобелей 55,6% (n=35), сук 44,4% (n=29), что согласуется с большинством данных других авторов о том, что половой предрасположенности СХДЭР не имеет [8, 11]. При анализе каждой из 4 групп по породному, половому и возрастному признаку данные были аналогичными, то есть состав групп был сходным, данные о возрасте и поле представлены в таблице 1.

Через 14 дней после операции область первичного дефекта была полностью эпителизирована в первой группе в 93,3% случаев (n=14), во второй – в 85,7% (n=12), в третьей – в 100 % случаев (n=19), в четвертой – в 93,3% (n=14). Оценка проводилась по флюоресцеиновому тесту, так как флюоресцеин является индикатором обнажения стромы роговицы, а не поверхностных дефектов эпителия [12]. Во всех случаях положительного флюоресцеинового теста в области первичного дефекта роговицы на 14 день после операции эпителиальный край был ровным, зоны не прикрепленного эпителия отсутствовали, и эти дефекты заживали в течение 7 дней на фоне продолжения местной антибактериальной терапии, без применения каких-либо воздействий на роговицу (рис. 4).

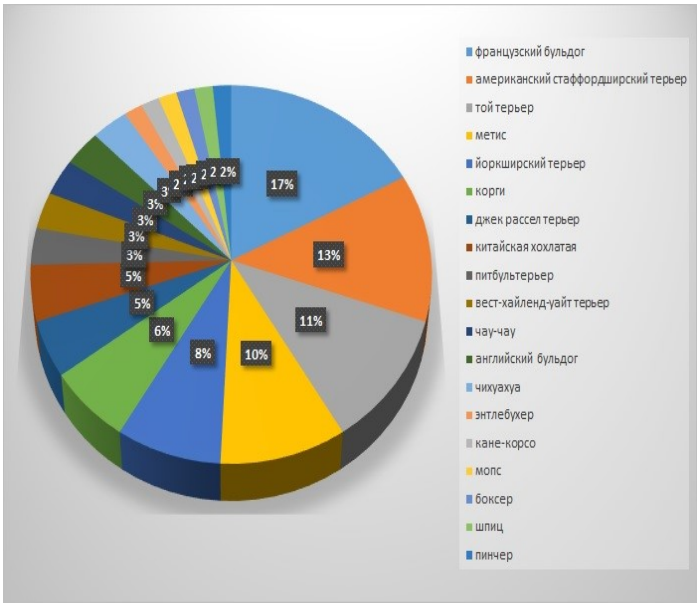


Рисунок 3 – Распределение по породам всех обследованных собак

Таблица 1 – Породно-возрастная характеристика групп 1-4

	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Диапазон возраста, лет	5-10	6-10	6-11	5-10
Средний возраст ± стандартное отклонение, лет	7,7±1,6	7,7±1,0	7,7±1,2	7,7±1,6
Соотношение по полу (кобели/суки), %	60/40	50/50	53/47	60/40

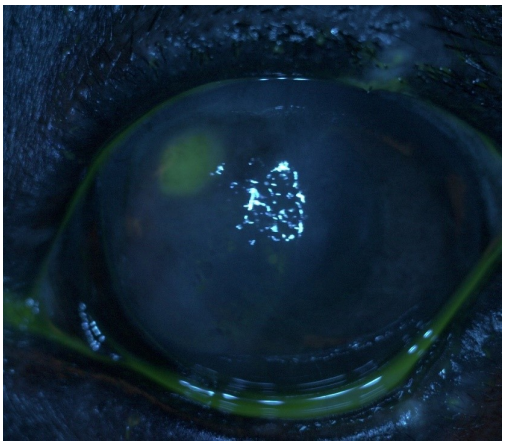


Рисунок 4 – Положительный флюоресцеиновый тест в зоне первичного дефекта на 14ый день после операции у собаки из группы 1.

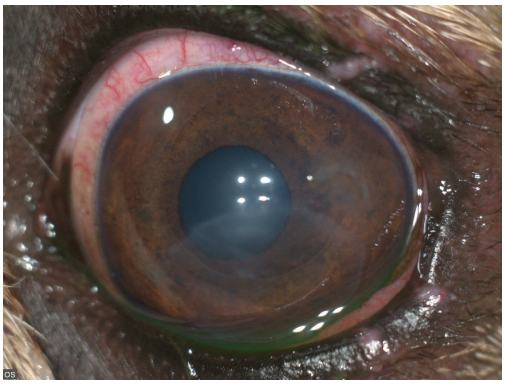


Рисунок 5 – Новый дефект эпителия, обнаруженный на момент снятия швов с век после поверхностной кератэктомии, у собаки из группы 1.

Эффективность решетчатой кератотомии как метода лечения СХДЭР оценивается как 87% [1], сроки заживления роговицы после этой процедуры у собак составляют 10-14 дней [11], а у лошадей - 8,4 ± 4 дня. Многие авторы отмечают удобство решетчатой кератотомии из-за возможности не выполнять общую анестезию и отсутствия необходимости в покупке дополнительных приборов. В ходе нашего исследования всем пациентам использовали общую анестезию, чтобы провести обработку роговицы максимально тщательно (качественная обработка медиальной области роговицы затруднительна из-за протрузии третьего века у пациентов в сознании). Поверхностная кератэктомия описана как очень эффективная процедура для лечения различных патологий глаза: дистрофии роговицы, дермоид, корнеальный секвестр [13], а при хронической эрозии, по данным Bentley et al. (2005), ее эффективность 100%, а Irving et al. (2024) использовал простую кератэктомию в комбинации с контактной линзой, и 99% пациентов продемонстрировали заживление в срок 21 день. В нашем исследовании простая поверхностная кератэтомия тоже показала высокую эффективность (группа 1), однако, эта методика не влияла на всю роговицу, а только лишь на область первичного дефекта. Эффективность обработки роговицы алмазным бором оценивается в 70-77% [2, 9], сроки заживления у собак составляют 10-15 дней [10], а у лошадей - 15,5±9,3 дня. Обработку алмазным бором предпочитают многие специалисты из-за возможности не использовать общую ане-

стезию и простоты выполнения, но ее эффективность не так высока, требуются повторы процедуры. Комбинации нескольких методик для лечения СХДЭР описаны несколькими авторами, при сравнительном анализе авторы [9] не обнаружили статистически значимых отличий в пользу комбинированных методик (сроки заживления были одинаковыми), а Boutin et al. (2020) не проводили сравнение, а описали комбинированную методику обработки ватной палочкой, лезвием скальпеля и решетчатую кератотомию с эффективностью 97,1%, среднее время заживления 11,5±6,6 дней. Однако авторы не описывают случаи, когда после успешного заживления области первичного дефекта наблюдается свежий дефект по типу СХДЭР, которые встречались в нашем исследовании.

Помимо зоны первичного дефекта на 14-ый день после операции оценивали эпителизацию всей остальной площади роговицы, в группе 1 присутствовали новые дефекты в 60% случаев (n=9), в группе 2 – в 50% случаев (n=7), в группе 3 – в 5,2% (n=1), в группе 4 – в 6,7% (n=1). Эти новые дефекты располагались в соседних относительно первичного очага областях роговицы и выглядели по типу спонтанных хронических эрозий с неровным краем и плохо прикрепленным эпителием (рис. 5, 6). Обнаружено статистически значимое отличие в количестве случаев формирования новых дефектов роговицы в ранний послеоперационный период при сравнении данных групп, в группе 3 и 4 встречаемость новых дефектов была меньше (без значимой разницы между группами 3 и 4), чем в группах 1 и 2, что может свидетельствовать в пользу того, что дополнительная обработка алмазным бором всей площади роговицы (то есть зон, свободных от первичного дефекта) способствует профилактике появления новых дефектов в ранний послеоперационный период, таким образом, сокращает время до полного заживления роговицы.

Время полного заживления роговицы (включая новые дефекты, обнаруженные на 14ый день после первичного вмешательства) в группе 1 составило 19,9±5,3 дней, в группе 2 – 19,4±6,5 дней, в группе 3 – 14,8±3,7 дней и в группе 4 – 15,5±4,4 дней. Было выявлено статистически значимое уменьшение срока заживления в группах 3 и 4 по сравнению с группами 1 и 2, это связано с тем, что новые дефекты к 14-ому дню после операции в большинстве случаев отсутствовали, таким образом уже на 14-ый день пациент считался здоровым. Эффективность лечения во всех группах соответствовала литературным данным [1, 2, 11], а сроки заживления в группах 1 и 2 были больше, чем описано в источниках [8, 10], мы связываем это с высокой частотой формирования новых дефектов эпителия в областях, соседних к первичному очагу. Максимальный срок заживления в каждой группе составил 30 дней, причем этот максимальный срок демонстрировали собаки породы французский бульдог (в группах 3 и 4 это были единственные собаки с наличием новых дефектов и максимальным сроком заживления). Распространенность СХДЭР среди собак брахицефальных пород отмечали многие авторы [1, 8, 9, 10], но данных об увеличенных сроках заживления при СХДЭР не встречается, хотя в целом склонность брахицефалов в патологиям глазной поверхности не вызывает сомнений [14].

Фиброз и васкуляризация роговицы на 14 день после операции были выражены в целом умеренно без статистически значимых различий между группами, но наиболее выраженные фиброз, васкуляризацию и даже последующую пигментацию демонстрировали собаки породы французский бульдог, вне зависимости от группы (рис. 6). Широкую распространенность избыточной реакции роговицы по типу сосудистого и пигментного кератита [15] стоит учитывать при работе с брахицефальными породами собак, особенно французскими, английскими бульдогами и мопсами, в случаях СХДЭР эти риски растут из-за длительного течения заболевания, повторных обработок роговицы в ходе лечения, сопутствующих патологий глазной поверхности (нарушение состава

слезной пленки, количественный сухой кератоконъюнктивит).

Осложнения любых методик лечения СХДЭР включают в себя – стромальную язву роговицы, инфицированную язву роговицы, кератомаляцию, буллезную кератопатию, их распространённость по литературным данным не превышает 5-7% [2, 3, 6], однако, в нашем исследовании они не встречались.

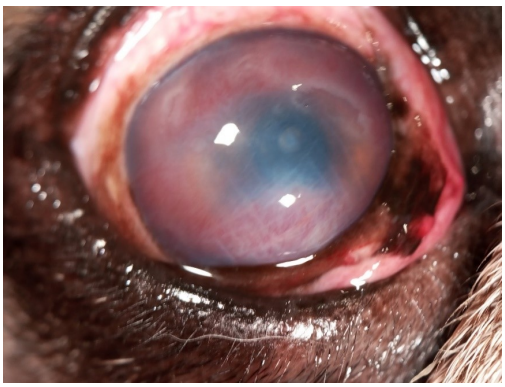


Рисунок 6 – Выраженная васкуляризация роговицы на 14 день после операции у французского бульдога из группы 4, видны новые дефекты роговицы дорсолатерально и дорсомедиально.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Дополнительная обработка всей площади роговицы алмазным бором в сочетании с поверхностной кератэктомией или решетчатой кератотомией является эффективной методикой лечения СХДЭР и сокращает время заживления роговицы в среднем на 4 дня по сравнению с методиками, заключающимися в обработке только первичного очага (поверхностная кератэктомия и решетчатая кератотомия в монорежиме), за счет профилактики формирования новых эрозий в соседних к первичному дефекту областях в ранний послеоперационный период.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF METHODS FOR TREATING SPONTANEOUS CHRONIC DEFECTS OF THE CORNEAL EPITHELIUM IN DOGS

Prudnikova E.V.* – Candidate of Veterinary Sciences, Assistant of the Department of operative, general and special surgery (ORCID 0000-0002-9866-1231); **Stekolnikov A.A.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (ORCID 0000-0002-9519-2839).

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine

*vasilyeva.eye@yandex.ru

ABSTRACT

Background: spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCED) are common in dogs, they are characterized by superficial erosions and resistant to medications. Purpose: to compare effectiveness of superficial keratectomy and grid keratotomy alone and combinations of each of these techniques with diamond bur for SCCED. Materials and methods: the study included 63 dogs with this pathology, divided in groups: group 1 – treated by superficial keratectomy (n=15), group 2 – by grid keratotomy (n=14), group 3 – by combination of superficial keratectomy and diamond burr debidement (n=19), group 4 - with combination of grid keratotomy and diamond burr debidement (n=15). Results: 14 days after surgery, area of primary defect was completely epithelialized in group 1 - 93.3% of cases, in group 2 - 85.7%, group 3 - 100%, group 4 - 93.3%. New epithelial defects were present in group 1 in 60% of cases, group 2 – 50%, group 3 – 5.2%, group 4 – 6.7%. The time for complete healing of the cornea in group 1 was 19.9±5.3 days, group 2 – 19.4±6.5 days, group 3 – 14.8±3.7 days, in group 4 – 15.5 ±4.4 days. In groups 3 and 4, incidence of new corneal defects was statistically significantly less than in groups 1 and 2, and statistically significant decrease in healing time was found in groups 3 and 4 compared to groups 1 and 2. Conclusion: diamond burr debidement of the entire cornea in combination with superficial keratectomy or grid keratotomy is effective method for treating SCCED and it reduces healing time by an average of 4 days.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Bentley, E. Spontaneous chronic corneal epithelial defects in dogs: a review / E. Bentley // Journal of the American animal hospital association. – 2005. - № 41. – P. 158-165.

2.Clinical characteristics and treatment of spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCEDs) with diamond burr debridement / J. H. Hung, K. Leidreiter, J. S. White, M. E. Bernays // Veterinary Ophthalmology. – 2020. - № 1. – P. 1-6.

3.Boutin, M-P. Cotton-tip debridement, scalpel blade debridement, and superficial grid keratotomy for treatment of spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCED): a retrospective evaluation of 308 cases / M-P. Boutin, M. Coutellier, F. J. Ollivier // Veterinary Ophthalmology. – 2020. - № 1. – P. 1-8.

4.A defect in the NOG gene increases susceptibility to spontaneous superficial chronic corneal epithelial defects (SCCED) in boxer dogs / K. M. Meurs, K. Montgomery, S. G. Friedenberg [et al.] // BMC Veterinary Research. – 2021. - № 17. – P. 254-262.

5.Dees, D. D. Use of autologous serum or Vizoovet to improve healing rates of spontaneous chronic corneal epithelial defects after diamond burr debridement in dogs / D. D. Dees, D. S. Keys // Veterinary Ophthalmology. – 2022. - № 26. – P. 6-11.

6.Spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCED) in dogs: clinical features, innervation, and effect of topical SP, with or without IGF-1 / C. J. Murphy, C. F. Marfurt, A. McDermott [et al.] // Investigative Ophthalmology and Visual Science. – 2001. - № 10. – P. 2252-2261.

7.Treatment of canine spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCEDs) with corneal thermal cautery: a retrospective study of 89 cases / C. Landrevie, J. Marchal, M-C. Robin, J-Y. Douet // Veterinary Ophthalmology – 2023. - № 26. – P. 280-287.

8.Spertus, C. B. Diamond burr debridement vs. grid keratotomy in canine SCCED with scanning electron microscopy diamond burr tip analysis / C. B. Spertus, J. M. Brown, E. A. Giuliano // Veterinary Ophthalmology. – 2017. - № 4. – P. 1-9.

9.Treatment of spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCEDs) with diamond burr debridement vs combination diamond burr debridement and superficial grid keratotomy / D. Wu, S. M. Smith, J. M. Stine [et al.] // Veterinary Ophthalmology. – 2018. - № 4. – P. 1-10.

10.Effect of bandage contact lens wear and postoperative medical therapies on corneal healing rate after diamond burr debridement in dogs / D. D. Dees, K. J. Fritz, L. Wagner [et al.] // Veterinary Ophthalmology. – 2016. - № 1. – P. 1-8.

11.Superficial keratectomy for the treatment of spontaneous chronic corneal epithelial defects in dogs / W. Irving, P. McCarthy, B. Reynolds [et al.] // Veterinary Ophthalmology. – 2024. - № 1. – P. 1-6.

12.Минина, А. О. Сравнительная характеристика красителей, используемых для диагностики повреждений роговицы / А. О. Минина, А. В. Бокарев, Е. Я. Пилипец // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Санкт-Петербург, 29 января – 02 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2024. – С. 54-55.

13.Назаров, А. Ю. Оперативное лечение корнеальных секвестров у кошек / А. Ю. Назаров, А. О. Минина // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2024. – № 2. – С. 72-74.

14.Costa, J. Clinical signs of brachycephalic ocular syndrome in 93 dogs / J. Costa, A. Steinmetz, E. Delgado // Irish Veterinary Journal. – 2021. - № 3. – P. 1-8.

15.Sebbag, L. The pandemic of ocular surface disease in brachycephalic dogs: the brachycephalic ocular syndrome / L. Sebbag, R. f. Sanchez // Veterinary Ophthalmology. – 2023. - № 4. – P. 31-46.

REFERENCES

1.Bentley, E. Spontaneous chronic corneal epithelial defects in dogs: a review / E. Bentley // Journal of the American animal hospital association. – 2005. - № 41. – P. 158-165.

2.Clinical characteristics and treatment of

spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCEDs) with diamond burr debridement / J. H. Hung, K. Leidreiter, J. S. White, M. E. Bernays // Veterinary Ophthalmology. – 2020. - № 1. – P. 1-6.
3.Boutin, M-P. Cotton-tip debridement, scalpel blade debridement, and superficial grid keratotomy for treatment of spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCED): a retrospective evaluation of 308 cases / M-P. Boutin, M. Coutellier, F. J. Ollivier // Veterinary Ophthalmology. – 2020. - № 1. – P. 1-8.
4.A defect in the NOG gene increases susceptibility to spontaneous superficial chronic corneal epithelial defects (SCCED) in boxer dogs / K. M. Meurs, K. Montgomery, S. G. Friedenberg [et al.] // BMC Veterinary Research. – 2021. - № 17. – P. 254-262.
5.Dees, D. D. Use of autologous serum or Vizoovet to improve healing rates of spontaneous chronic corneal epithelial defects after diamond burr debridement in dogs / D. D. Dees, D. S. Keys // Veterinary Ophthalmology. – 2022. - № 26. – P. 6-11.
6.Spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCED) in dogs: clinical features, innervation, and effect of topical SP, with or without IGF-1 / C. J. Murphy, C. F. Marfurt, A. McDermott [et al.] // Investigative Ophthalmology and Visual Science. – 2001. - № 10. – P. 2252-2261.
7.Treatment of canine spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCEDs) with corneal thermal cautery: a retrospective study of 89 cases / C. Landrevie, J. Marchal, M-C. Robin, J-Y. Douet // Veterinary Ophthalmology – 2023. - № 26. – P. 280-287.
8.Spertus, C. B. Diamond burr debridement vs. grid keratotomy in canine SCCED with scanning electron microscopy diamond burr tip analysis / C. B. Spertus, J. M. Brown, E. A. Giuliano // Veterinary Ophthalmology. – 2017. - № 4. – P. 1-9.
9.Treatment of spontaneous chronic corneal epithelial defects (SCCEDs) with diamond burr debridement vs combination diamond burr debridement and superficial grid keratotomy / D. Wu, S. M. Smith, J. M. Stine [et al.] // Veterinary Ophthalmology. – 2018. - № 4. – P. 1-10.
10.Effect of bandage contact lens wear and postoperative medical therapies on corneal healing rate after diamond burr debridement in dogs / D. D. Dees, K. J. Fritz, L. Wagner [et al.] // Veterinary Ophthalmology. – 2016. - № 1. – P. 1-8.
11.Superficial keratectomy for the treatment of spontaneous chronic corneal epithelial defects in dogs / W. Irving, P. McCarthy, B. Reynolds [et al.] // Veterinary Ophthalmology. – 2024. - № 1. – P. 1-6.
12.Minina, A. O. Comparative characteristics of dyes used to diagnose corneal damage / A. O. Minina, A. V. Bokarev, E. Ya. Pilipets // Proceedings of the national scientific conference of faculty, researchers and postgraduate students, St. Petersburg, January 29 – February 2, 2024. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2024. - P. 54-55 (In Russ.)
13.Nazarov, A. Yu. Surgical treatment of corneal sequesters in cats / A. Yu. Nazarov, A. O. Minina // Normative-legal regulation in veterinary medicine. - 2024. - No. 2. - P. 72-74 (In Russ.)
14.Costa, J. Clinical signs of brachycephalic ocular syndrome in 93 dogs / J. Costa, A. Steinmetz, E. Delgado // Irish Veterinary Journal. – 2021. - № 3. – P. 1-8.
15.Sebbag, L. The pandemic of ocular surface disease in brachycephalic dogs: the brachycephalic ocular syndrome / L. Sebbag, R. f. Sanchez // Veterinary Ophthalmology. – 2023. - № 4. – P. 31-46.

УДК: 619:616.5-006:636.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.466

МАСТОЦИТОМЫ У СОБАК: НАИБОЛЕЕ ЧАСТЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ

Ладанова М.А. – канд. ветеринар. наук, доц., доц. каф. общей, частной и оперативной хирургии (0000-0002-2195-6752); **Сметанина Е.С.** – асп. каф. общей, частной и оперативной хирургии.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарный медицины»

*Ldnvmr@gmail.com

Ключевые слова: *мастоцитома, собаки, диагностика, раны, заживление.*
Keywords: *mastocytoma, dogs, diagnosis, wounds, healing.*

Поступила: 26.08.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Мастоцитома животных (тучноклеточная опухоль) – это злокачествена опухоль, состоящая из тучных клеток (мастоцитов). В англоязычной литературе встречается под терминами «mast cell tumor", "mast cell sarcoma». МСТ признан одной из наиболее распространенных опухолей кожи у собак. Более высокую предрасположенность к мастоцитомам имеют следующие породы: боксер; бультерьер; французский бульдог; золотистый ретривер; лабрадор-ретривер; шарпей; такса; бигль; шнауцер; веймаранер; однако, существуют породы, для которых риск развития мастоцитом снижен: немецкая овчарка, чихуа-хуа, пудель, йоркширский терьер и кокер-спаниель. Метастатический потенциал варьирует в зависимости от гистопатологической классификации и, как правило, встречается в менее 10% случаев у высокодифференцируемых тучноклеточных опухолях, в 5-22% у умеренно-дифференцируемых и в 55-95% низко-дифференцируемых новообразованиях. С целью исключения метастазирования опухоли во внутренние органы рекомендовано проведение УЗИ органов брюшной полости, компьютерной томографии, с дальнейшим определением очага метастазирования. В 8 из 10 случаев мы столкнулись с сильной реакцией на шовный материал, вне зависимости от его выбора, а также обильной экссудации и чередовании различных дренажных систем. Для промывания кармана раны и обработки мы использовали раствор натрия хлорида 0.9%, либо сочетание раствора натрия хлорида 0.9% и бетадина в соотношении 1:10. При применении раствора хлоргексидина 0,05% отмечено снижение регенераторной способности ткани и болезненные ощущения при промывании. Дальнейший прогноз зависит от результатов гистологического исследования, степени злокачественности, высоко/средне/низко дифференцированная по Patnaik и Kiupel. При высокодифференцированной мастоцитоме, широких границах и чистых краях резекции -

риск метастазирования минимален и отсутствует необходимость проведения химиотерапевтического лечения. Однако, всегда необходим контроль за состоянием животного: контрольный осмотр онколога, УЗИ печени и селезенки ежемесячно первые 3 месяца, затем постепенно снижать количество визитов до 1 раз в 3 месяца трехкратно, 1 раз в полгода и далее рекомендации по визитам на осмотр по усмотрению онколога.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Мастоцитома животных (тучноклеточная опухоль) – это злокачественная опухоль, состоящая из тучных клеток (мастоцитов). В англоязычной литературе встречается под терминами «mast cell tumor", "mast cell sarcoma». Несколько эпидемиологических исследований из многих стран указывают на то, что тучноклеточные опухоли (МКТ) имеют высокую частоту у собак и, следовательно, важны в ветеринарной онкологии. У собак это третий по распространенности подтип опухоли и наиболее распространенная злокачественная опухоль кожи, на которую приходится 11% случаев рака кожи

МСТ признан одной из наиболее распространенных опухолей кожи у собак [10]. Исследования perforMed в Бразилии описали заболеваемость в диапазоне от 20,9% до 22,4%, показав, что МСТ является вторым по частоте злокачественным новообразованием у собак после опухолей молочной железы.

Более высокую предрасположенность к мастоцитомам имеют следующие породы: боксер; бультерьер; французский бульдог; золотистый ретривер; лабрадор-ретривер; шарпей; такса; бигль; шнауцер; веймаранер; однако, существуют породы, для которых риск развития мастоцитом снижен: немецкая овчарка, чихуа-хуа, пудель, йоркширский терьер и кокер-спаниель [6, 12]. Недавние исследования также стремились соотнести предрасположенность породы с агрессивностью возникшей мастоцитомы и предположили, что собаки породы мопс и боксер более склонны к опухолям с менее агрессивным поведением, в то время как шарпей имеет тенденцию к развитию более агрессивных опухолей [11, 12]. На данный момент не удалось установить взаимосвязи между полом и частотой возникновения мастоцитом, однако, чаще заболевание регистрируется у взрослых и пожилых животных [8].

Этиология заболевания до конца не установлена. В некоторых исследованиях к причинам возникновения относят хроническое воспаление кожи и действие раздражающих веществ. Однако, наиболее вероятной причиной является мутация в гене c-Kit, который в норме активируется лигандом SCF и инициирует дальнейшую передачу по путям [4]. При некоторых видах опухолей соматические мутации Kit обуславливают его лиганднезависимую активность, приводящие к отклонению от апоптоза и к индукции клеточной миграции и пролиферации.

Таким образом, мутации гена c-Kit, множественные анеуплоидии, полиплоидии и накопление мутаций в наследственном материале клетки повышают вероятность развития агрессивных мастоцитом и увеличению процента летального исхода.

Метастатический потенциал варьируется в зависимости от гистопатологической классификации и, как правило, встречается в менее 10% случаев у высоко-дифференцируемых тучноклеточных опухолях, в 5-22% у умеренно-дифференцируемых и в 55-95% низко-дифференцируемых новообразованиях. Очагом метастазирования являются регионарные лимфатические узлы, через которые в дальнейшем мастоцитома может поражать селезенку, печень и другие органы [2, 9]. Главной особенностью в диагностике мастоцитом является их чрезвычайная изменчивость, поскольку у пораженных собак может отсутствовать клиническая картина [7]. Тучноклеточная опухоль может проявлять себя в виде плотного, приподнятого над поверхностью кожи, бугристого, изъязвленного, экссудирующего уплотнения разной ве-

личины. Некоторые образования способны оставаться неизменными на протяжении нескольких месяцев, в то время как другие демонстрируют быстрый рост на протяжении короткого промежутка времени.

К другим признакам, характерным для мастоцитом можно отнести уплотнение кожного покрова в месте образования, гематомы, кровоточащие или гиперемированные язвы. При поражении внутренних органов, наиболее частым клиническим проявлением являются расстройства желудочно-кишечного тракта: гастрит, рвота, диарея, снижение аппетита. Данное явление связывают с высокой концентрацией гистамина в крови, который воздействует на Н2 рецепторы и приводит к чрезмерной секреторной активности желудка. Помимо этого, гистамин повреждает сосудистый эндотелий и вызывает сосудистый тромбоз, сопровождающийся ишемический некрозом. Мастоцитомы так же могут приводить к ухудшению состояния кожного покрова, что приводит к расчесам, разлизыванию, ссадинам, укусам в месте поражения [9]. Чаще всего, мастоцитомы регистрируют в ротовой полости, паховой и промежностной области, носовой перегородке [10].

Целью нашего исследования является оценка наиболее частых осложнений при хирургических вмешательствах, а также разработка новых методов заживления ран.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводилось на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» и ветеринарной клинике Приморского района г. Санкт-Петербурга. На протяжении 12 месяцев наблюдений зарегистрировано десять гистологически подтвержденных случаев мастоцитом у собак *(Canis lupus familiaris)*. Возраст собак составлял от 3 до 11 лет. В случае с породной предрасположенностью: четыре лабрадора, метис русской борзой, 2 французских бульдога, 2 бигля, 1 такса. С точки зрения локализации, мастоцитомы зарегистрированы на кожном покрове в области медиальной поверхности плечевого сустава, холки, латеральной поверхности коленного сустава.

Новообразования диагностировали с помощью осмотра, сбора анамнеза и специальных методов диагностики.

В первую очередь, необходимо отталкиваться от клинической картины, цитопатологического, гистопатологического и имунногистохимического анализа. При обнаружении уплотнения на коже, рекомендовано использование метода аспирационной биопсии с дальнейшей окраской стекол по Майн-Грюнвальду. Несмотря на широкое применение методики окраски Дифф-Квик, зачастую данный метод не способен к полноценной окраске гранул тучных клеток, что может затруднять диагностику. Мастоцитомы имеют характерную морфологию с наличием тонких базофильных гранул, которые могут выражаться не настолько ярко в случае нарушения дифференциации клеток в результате злокачественной трансформации. Однако, с целью точной диагностики всегда рекомендовано дополнительное гистологическое исследование материала. В некоторых исследованиях из разных стран, дополнительным методом диагностики являлся гистохимический анализ, основанный на имунногистохимическом маркере Ki-67 и Kit [13].

С целью исключения метастазирования опухоли во внутренние органы всем пациентам было проведено УЗИ органов брюшной полости, очагов неоплазии выявлено не было. Учитывая, что хронический процесс заживления раны мог возникнуть из-за появления бактериальной микрофлоры, из раневого кармана неоднократно отправлялся материал на бактериальный посев.

Для ушивания раны использовались: полиамидная мононить нейлон фирмы «Balf", полипропиленовая нить «Atramat». Послеоперационные назначения включали антибактериальную терапию курсом на 10 дней и обезболивающие препараты, курс терапии индивидуален, помимо обработок шва.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Основным методом борьбы с опухолью является ее хирургическое иссечение. Согласно ранним рекомендациям и принятым протоколам ведущих ветеринарных онкологов, рекомендовано отступать не менее 4 см от предполагаемого очага, вне зависимости от гистопатологической классификации. Однако, на данный момент для опухолей первой и второй степени рекомендован отступ на 2 см латерально и до 4 см в диаметре [3]. В случае с третьей степенью мастоцитом наблюдалась высокая частота рецидивов (36%) вне зависимости от размера хирургического края. При поражении конечности для закрытия раневого дефекта можно прибегать к различным лоскутным техникам, а также к вторичному натяжению в случае невозможности применения реконструктивной хирургии с адекватным восстановлением тканей. В случае с нашими пациентами, наиболее длительным и трудоемким оказался период заживления тканей. В 5 случаях, когда образования локализовались на конечностях мы столкнулись с сильным отеком тканей, обильной экссудацией и обширными гематомами (рисунок 1). За счет установления активных дренажных систем и применения препарата, содержащего ионы серебра удалось ускорить скорость регенерации тканей.



Рисунок 1 – a – подготовка и планирование операционного поля для иссечения новообразования, b – хирургическое удаление тучноклеточной опухоли с формированием лоскута для закрытия раны.

В случае с пациентом, который поступил на прием уже после хирургического вмешательства – мы столкнулись с хронической незаживающей раной и образованием раневого кармана вокруг места удаления. Пациент поступил с длительно незаживающей раной в области коленного сустава с латеральной поверхности, обработку раны владельцы производили самостоятельно в домашних условиях. При первичном осмотре отмечена хроническая рана, размером 10х4 см с образованием раневого кармана до 2 см и наличием струпа. После первой попытки иссечения краев раны и применения лоскутной техники началась сильная реакция на шовный материал, расхождение краев раны с последующим некрозом. При попытке обработки раствором хлоргексидина 0,05% отмечены болевые ощущения у пациентов, в результате чего было принято решение отказаться от его использова-

ния. Через некоторое время шовный материал был удален и установлен пассивный дренаж для наилучшего промывания кармана раны раствором натрия хлорида 0,9% с добавлением в него бетадина в соотношении 1:10.

После формирования соединительнотканного рубца по линии разреза для фиксации краев раны мы не использовали шовный материалом, а использовали бинт и пластырь “Cosmopor”. За счет ежедневной обработки 2 раза в день, закладывания внутрь кармана гидроактивной повязки, содержащей суперабсорбирующий полиакрилат и создания компрессов с использованием мазей, содержащей ионы серебра – через 6 недель была отмечена активная грануляция тканей, заращение раневого кармана и почти полное заживление [12]. На весь процесс заживления ран во всех случаях у нас ушло более трех месяцев (рисунок 2).



Рисунок 2 – Этапы заживления раны после хирургического удаления мастоцитомы.

Также, к нам поступили 2 пациента с кожной формой мастоцитомы в области молочной железы. После хирургического вмешательства пациентам назначено ношение защитной попоны, проведение обработки швов с удалением корочек. Послеоперационный период проходил с осложнениями: в результате заживления отмечена реакция на шовный материал, расхождение 25-30% швов, в результате чего было принято решение о заживлении раны по вторичному натяжению. У остальных 2 пациентов образования локализовались в области холки и грудной стенки, в результате чего к послеоперационному уходу добавилось ограничение активности с целью недопущения натяжения краев раны. Таким образом, в данных случаях нам удалось добиться более спокойного процесса заживления.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В 8 из 10 случаев мы столкнулись с сильной реакцией на шовный материал, вне зависимости от его выбора, а также обильной экссудации и чередовании различных дренажных систем. Для промывания кармана раны и обработки мы использовали раствор натрия хлорида 0.9%, либо сочетание раствора натрия хлорида 0.9% и бетадина в соотношении 1:10. При применении раствора хлоргексидина 0,05% отменено снижение регенераторной способности ткани и болезненные ощущения при промывании. Дальнейший прогноз зависит от результатов гистологического исследования, степени злокачественности, высоко/средне/низко дифференцированная по Patnaik и Kiupel. При высокодифференцированной мастоцитоме и широких границах и чистых краях резекции риск метастазирования минимален и отсутствует необходимость проведения химиотерапевтического лечения.

MASTOCYTOMAS IN DOGS: THE MOST COMMON COMPLICATIONS OF SURGICAL INTERVENTIONS

Ladanova M.A. – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of General, Private and Operative Surgery (0000-0002-2195-6752); **Sme-**

tanina E.S. – Assistant Professor of General, Private and Operative Surgery.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*Ldnvmr@gmail.com

ABSTRACT

Mast cell tumors (MCTs) - is a malignant tumor consisting of mast cells (mastocytes). In English-language literature it is found under the terms "mast cell tumor", "mast cell sarcoma". It is highly common in dogs and is extremely important in the veterinary oncology field. Some breeds are predisposed to MCT development, including Boxer; Bull Terrier; French Bulldog; Golden Retriever; Labrador Retriever; Shar-pei; and Dachshund. On the other hand, some breeds present a lower risk of MCT development, including the German Shepherd, Chihuahua, Poodle, Yorkshire Terrier, and Cocker Spaniel. The metastatic potential of MCTs varies according to its histopathological classification, occurring in less than 10% of cases of well-differentiated mast cell tumors, in 5% to 22% of moderately differentiated neoplasms, and in 55% to 95% of poorly differentiated cases. In order to exclude tumor metastasis to internal organs, it is recommended to perform ultrasound of the abdominal cavity, computed tomography, with further determination of the metastasis site. In 8 out of 10 cases, we encountered a strong reaction to the suture material, regardless of its choice, as well as abundant exudation and alternation of various drainage systems. To wash the wound pocket and treat it, we used a 0.9% sodium chloride solution, or a combination of 0.9% sodium chloride solution and betadine in a ratio of 1:10. When using a 0.05% chlorhexidine solution, a decrease in the regenerative ability of the tissue and painful sensations during washing were eliminated. The further prognosis depends on the results of histological examination, the degree of malignancy, high/medium/low differentiated according to Patnaik and Kiupel. With highly differentiated mastocytoma, wide boundaries and clean edges of resection, the risk of metastasis is minimal and there is no need for chemotherapeutic treatment. However, it is always necessary to monitor the condition of the animal: a checkup by an oncologist, ultrasound of the liver and spleen monthly for the first 3 months, then gradually reduce the number of visits to 1 every 3 months three times, 1 every six months. Further recommendations for visits will depend on the oncologist's discretion.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Блэквуд Л. Европейский консенсусный документ по тучноклеточным опухолям у собак и кошек / Блэквуд Л., Мерфи С., Буракко П., Вос Дж.П., Форнел-Тибо П., Хиршбергер Дж., Кесслер М., Пастор Дж., Понсе Ф., Савари-Батай К. и др. // Ветеринарная и сравнительная онкология. - 2012, Т 10. - С. e1-e29.

2.Назарова, А.В. Методы аналгезии у мелких домашних животных с онкологическими патологиями / А.В. Назарова, Б.С. Семенов, А.А. Дудченко // Материалы VI Международного конгресса «ЭФФЕКТИВНЫЕ И БЕЗОПАСНЫЕ ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА В ВЕТЕРИНАРИИ». — 2024. — С. 94–97.

3.Прачке К.М. Оценка модифицированного подхода с пропорциональными краями для хирургической резекции тучноклеточных опухолей у собак: 40 случаев (2008-2012) / Прачке К.М., Атертон М.Дж., Силлито Дж.А., Ламм С.Г. // Журнал Американской ветеринарной медицинской ассоциации. - 2013, Т. 243. - С. 1436-1441

4.Рукша Т. Г. Значение мутаций гена C-KIT в диагностике и прогнозе течения злокачественных опухолей / Т. Г. Рукша, Е. Ю. Сергеева, Ю. А. Фефелова, В. А. Хоржевский // Архив патологии. – 2021. – Т. 83, № 4. – С. 61-68.

5. Сметанина Е.С. Топическое применение сульфатиазола серебра в лечении хронической раны / Е.С. Сметанина, С.А. Сычев // Материалы XII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны», посвященной 215-

летию СПбГУВМ. – 2023. – С. 369-370.
6.Гамлем Х. Неоплазия у собак — вводная статья / Гамлем Х., Нордстога К., Глаттре Э. // Журнал патологии, микробиологии и имуннологии. Дополнение. – 2008. – с. 5-18.
7.Грабаревич, З. Тучноклеточная опухоль у собак - частота встречаемости и гистопатологическая характеристика / Грабаревич, З., Споляр, Дж. Б ., Куриль, А. Г., Состарич-Цукерманн, И. С., Артукович, Б., Хохштетер, М., Бек, А., Дзая, П., и Стрмецки, Н. М. // Коллегиум антропологов, том II. 33. – 2009. – с. 253-258.
8.Кимура К.С. Ретроспективное исследование новообразований у домашних животных: обзор, проведенный в период с 1993 по 2002 год отделом патологии животных Школы ветеринарной медицины и зоотехнии Университета Сан-Паулу на юго-востоке Бразилии / Кимура К.С., Гарате А.П., Дагли М.Л.З. // J. Vet. Патол. – 2012. – с. 60-69.
9.Пахрин Б. Ретроспективное исследование кожных опухолей собак в Корее / Пахрин Б., Кан М., Бэ И., Парк М., Джи Х., Ю М., Ким Дж., Юн Б., Чой Ю., Ким Д. // Журнал ветеринарных наук. – 2007. – с. 229-236.
10.Тамм Д.Х. Различные опухоли: гемангиосаркома / Тамм Д.Х., Уитроу С., Вейл Д., Пейдж Р. // Клиническая онкология мелких животных Уитроу и Макьюэна. - 5-е изд. - 2013. - с. 679-688.
11.Вильямиль Дж.А. Выявление наиболее распространенных кожных новообразований у собак и оценка породного и возрастного распределения отдельных новообразований / Вилламиль Дж.А., Генри К.Дж., Брайан Дж.Н., Эллерсик М., Шульц Л., Тайлер Дж.В., Хан А.В. // Журнал Американской ассоциации ветеринарной медицины. – 2011. – с. 960-965.
12.Уорленд Дж. Породная предрасположенность к тучноклеточным опухолям у собак: опыт единого центра в Великобритании / Уорленд Дж., Добсон // Журнал Американской ассоциации ветеринарной медицины. - 2013. – с. 496-498.
13.Иммуногистохимические методы: руководство. Пер. с англ. под ред. Г.А. Франка и П.Г. Малькова // М., 2011, – 224 с.

REFERENCE

1.Blackwood L. European consensus document on mast cell tumours in dogs and cats / Blackwood L., Murphy S., Buracco P., De Vos J.P., De Fornel-Thibaud P., Hirschberger J., Kessler M., Pastor J., Ponce F., Savary-Bataille K., et al. // Vet. Comp. Oncol. – 2012, vol.10. - pp. e1–e29.
2.Nazarova, A.V. The possibilities of analgesia in patients with oncological pathologies / A.V. Nazarova, B.S. Semenov, A.A. Dudchenko // Materials of the VI International Congress "EFFECTIVE AND SAFE MEDICINES IN VETERINARY MEDICINE". - 2024. - pp. 94-97.
3.Pratschke K.M. Evaluation of a modified proportional margins approach for surgical resection of mast cell tumors in dogs: 40 cases (2008–2012) / Pratschke K.M., Atherton M.J., Sillito J.A., Lamm C.G. // J. Am. Vet. Med. Assoc. – 2013, vol. 243. – pp. 1436–1441.
4.Ruksha T.G. The significance of C-KIT gene mutations in the diagnosis and prognosis of malignant tumors / Ruksha T.G., Sergeeva E.Yu., Fefelova Yu.A., Khorzhevsky V.A. // Russian Journal of Archive of Pathology. – 2021. – pp. 61-68.
5.Smetanina E.S. Topical application of sulfathiazole silver n the treatment of chronic wounds / E. S. Smetanina, S.A. Sychev // Materials of the XII International Scientific Conference of Students, Postgraduates, and Young Scientists "Knowledge of young for the development of veterinary medicine and the Agro-Industrial Complex of the Country", dedicated to the 215th Anniversary of St. Petersburg State Medical University – 2023. - pp. 369-370.
6.Gamlem H. Canine neoplasia—Introductory paper / Gamlem H., Nordstoga K., Glattre E. // APMIS. Suppl. – 2008. – pp. 5–18.
7.Grabarević, Z. Mast cell tumor in dogs--incidence and histopathological characterization / Grabarević, Z., Spoljar, J. B., Kurilj, A. G., Sostarić-Zuckermann, I. C., Artuković, B., Hohsteter, M., Beck, A., Dzaja, P.,

& Strmecki, N. M. // Collegium antropologicum, vol. 33. – 2009. – pp. 253-258.
8.Kimura K.C. Retrospective Study of Neoplasms in Domestic Animals: A Survey Between 1993 and 2002 of the Service of Animal Pathology Department of Pathology School of Veterinary Medicine and Animal Science University of Sao Paulo Southeast Brazil / Kimura K.C., Gárate A.P., Dagli M.L.Z. // J. Vet. Pathol. – 2012. – pp. 60–69.
9.Pakhrin B. Retrospective study of canine cutaneous tumors in Korea / Pakhrin B., Kang M., Bae I., Park, M., Jee H., You M., Kim J., Yoon B., Choi Y., Kim D. // Journal of veterinary science. – 2007. – pp. 229–236.
10.Thamm D.H. Miscellaneous tumors: Hemangiosarcoma / Thamm D.H., Withrow S., Vail D., Page R. // Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology. - 5th ed. - 2013. pp. 679–688.
11.Villamil J.A. Identification of the most common cutaneous neoplasms in dogs and evaluation of breed and age distributions for selected neoplasms / Villamil J.A., Henry C.J., Bryan J.N., Ellersieck M., Schultz L., Tyler J.W., Hahn A.W. // J. Am. Vet. Med. Assoc. – 2011. – pp. 960–965.
12.Warland J. Breed predispositions in canine mast cell tumour: A single centre experience in the United Kingdom / Warland J., Dobson // J.M. Vet. J. – 2013. – pp. 496–498.
13.Immunohistochemical methods: guidelines / George L. Kumar, Lars Rudbeck — 2011.

УДК: 616.727/728-001:798.2:636.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.474

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СУХОЖИЛЬНО -СВЯЗОЧНОГО АППАРАТА ЛОШАДЕЙ, УЧАСТВУЮЩИХ В СОРЕВНОВАНИЯХ ПО КОННЫМ ДИСТАНЦИОННЫМ ПРОБЕГАМ, В СРАВНЕНИИ С КЛАССИЧЕСКИМИ ВИДАМИ КОННОГО СПОРТА

Стекольников А.А. – д-р ветеринар. наук, проф., академик РАН, проф. каф. общей, частной и оперативной хирургии (0000-0002-9519-2839); **Гусева В.А.** – канд. ветеринар. наук., вет. врач (ORCID 0000-0003-1373-5762); **Ладанова М.А.** – канд. ветеринар. наук, доц. каф. общей, частной и оперативной хирургии (0000-0002-2195-6752).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*hauteecole90@mail.ru

Ключевые слова: *травматизм, конный спорт, лошади, конные дистанционные пробеги, выездка, конкур.*

Keywords: *injuries, equestrian sports, horses, equestrian distance running, dressage, show jumping.*

Поступила: 25.09.2023 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024

РЕФЕРАТ



В Северо-Западном регионе России, интерес спортсменов сконцентрирован, преимущественно на классические виды конного спорта (конкур, выездка). Конкур и выездка во многом отличается от конного пробега, но основное отличие заключается в длительности дистанции (в конных пробегах дистанция может достигать 160 км), что требует проведения тренировок, в первую очередь, на выносливость. При этом в конкуре, как известно, лошади преодолевают препятствия, а в выездке выполняют элементы, при которых распределение нагрузки не всегда происходит равномерно. Вероятнее всего характер и частота встречаемости травм у лошадей по пробегам на определенные дистанции будет отлична от травм при других видах конного спорта. Результаты данных исследований актуальны в связи с широким распространением травматизма у лошадей в конном спорте с целью разработки схем тренинга, профилактических и лечебных мероприятий при травматизме у лошадей, участвующих в соревнованиях по данному направлению [4]. Данное конное спортивное направление является достаточно молодым в Северо-Западном регионе, относительно классических видов, поэтому существует необходимость проведения исследований. Проводимые ранее исследования показали, что основной причиной возникновения травм у лошадей, которые участвуют в забегах, служит перенапряжение, возникающее от избыточного скопления молочной кислоты в мышцах на больших дистанциях. В то время как в классических видах конного спорта основными этиологическими фак-

торами травматизма являются: избыточное растяжение сухожилий при резком сокращении мышц, форсирование тренинга и, как следствие перегрев сухожилий [2,3]. В целом известно, что чаще всего у лошадей травмируются сухожилия флексоры и подвешивающая связка (межкостная мышца) [1]. Проводя анализ полученных результатов исследований было установлено, что у лошадей, участвующих в конных дистанционных пробегах чаще диагностировались травмы поверхностного сгибателя пальца (ППС) и глубокого сгибателя пальца (ГПС) грудных конечностей, а у лошадей используемых в классических видах конного спорта наряду с травмами ППС и ГПС также диагностировались травмы подвешивающей связки (ПДС) как грудных, так и тазовых конечностей.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Конные пробеги на различные дистанции имеют свои особенности такие, как длительность дистанции и воздействие нагрузок на организм лошади, в отличии от классического конного спорта. Важным показателем служит влияние на динамику изменения частоты сердечных сокращений (ЧСС) в различных направлениях данного спорта. В зависимости от вида конного спорта риск развития травм наступает в разное время тренировочного и соревновательного процесса, что не может не влиять на частоту встречаемости и локализацию травм. Например, установлено, что у выездковых лошадей средние показатели ЧСС за тренировку статистически значимо ниже, по сравнению с конкурными и пробежными лошадьми. При этом, динамика изменений ЧСС самая вариабельная установлена при проведении конкурных тренировок, в то время как у выездковых лошадей вариабельность ЧСС на тренировках максимально стабильна, а на тренировках пробежных лошадей является незначительной [5]. Также риск формирования травмы, возникшей, в следствие переутомления, возникает в различный период в зависимости от дисциплины конного спорта при преодолении анаэробного порога (избыточного скопления лактата в мышцах). Понимание характерных травм в разных дисциплинах конного спорта, их этиологии, позволяет разрабатывать качественные методы профилактики и лечения, что в свою очередь может способствовать продолжению спортивной карьеры. Например, разработаны способы доклинической диагностики травм у лошадей с помощью применения термографии. Вне зависимости от вида спорта чаще всего травмируются сухожильно- связочные структуры дистального отдела. Особое внимание необходимо уделить подвешивающей связки (межкостной мышце) во избежание путаницы, так как одна и та же структура имеет разные названия. Согласно Международной номенклатуре, данная структура у лошадей обозначается именно как «подвешивающая связка» (suspensory ligament) [2,7]. Некоторые авторы отмечают, что при проведении гистологического исследования происходить замещение около 10,0% структур связок на мышечные волокна [1], откуда и пошло использование терминов: межкостная мышца, межкостный третий мускул хотя данная структура гистологически является связкой с внедрениями мышечных волокон.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводились в конных клубах Ленинградской области, в исследование отбирали лошадей с хромотой степени 2/6-3/6 тренировавшихся по дисциплинам: конкур (высота преодоления препятствий до 100 см, группа 1), выездка (лошади, уровня «малый приз», группа 2), конные дистанционные пробеги (дистанции 40 км и 80 км, группа 3). В каждой группе было по 20 животных, от 8 до 15 лет, верховых пород, и различного пола (жеребцы, кобылы, мерины). Лошадям, после разрешения посттравматического отёка на 7-9 день после травмы (так как отёк может мешать визуализации травмы на УЗИ) проводили ультразвуковое обследование дистального отдела

конечностей портативным УЗИ аппаратом ДП – 50, линейным датчиком и микроконвексным с частотой 7.5 мГц, по алгоритму сканирования сухожилий по зонам. При проведении УЗИ обследований оценивали состояние сухожильно-связочного аппарата лошадей, при этом на УЗИ сравнивали больную конечность с контрлатеральной здоровой конечностью, предварительно удалив шёрстный покров и обработав конечности 70 спиртом и УЗИ гелем. Из исследования были исключены животные, у которых были прямые травмы дистального отдела конечностей, а также используемые в прокате.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате проведённых исследований (рис 1.) было установлено, что в группе 1 (выездка) у 7 (35%) лошадей из 20 (100%) выявили тендинит ППС и ГПС в области средней трети пясти. При этом из этих 7 (35%) лошадей у 4 (20%) был выявлен тендинит ППС и ГПС в области тазовых конечностей и у 3 (15%) в области грудных конечностей. У 2 (10%) лошадей из 20 (100%) был выявлен десмит ДГ ГПС на правых грудных конечностях, а у 5 (25%) животных из 20 (100%) обследуемых был выявлен тендинит поверхностного сгибателя пальца грудных конечностей. У 6 (30%) лошадей из группы 1 (выездка) был выявлен десмит ПДС, при этом из этих 6 лошадей у 3 (15%) на грудных конечностях, и у 3 (15%) лошадей на тазовых конечностях. У лошадей группы 2 (конкур) из 20 (100%) обследуемых животных у 11 (55%) был тендинит ППС и ГПС. Важно отметить, что из данных 11 (55%) животных тендинит ППС и ГПС был выявлен в области грудных конечностей у 10 (50%) животных, в то время как у 1 лошади (5%) травма сочетанная ГПС и ППС была выявлена на тазовой конечности. У 4 (20%) из 20 (100%) животных был выявлен изолированный тендинит ППС и у 4 (20%) животных был выявлен тендинит ГПС также на грудных конечностях. У 3 (15%) лошадей был выявлен десмит ПДС на грудных конечностях. На конных дистанциях в 3 группе, включающей 20 голов лошадей у 16 голов (80%) из 20 (100%), было диагностирована травма ППС, и у 4 (20%) лошадей комбинированное повреждение ППС и ГПС. В 1 группе лошадей, участвующих в выездке у 4 (20%) лошадей из 20 (100%) диагностирован дефект краевой локализации в сухожилиях ППС и ГПС. А во второй группе (конкур) и 3 группе (конные дистанционные пробеги) были выявлены повреждения исключительно центрального расположения. А также у лошадей группы 2 (конкур) десмит ПДС локализовался в области средней трети пясти. В то время как у лошадей группы 1 (выездка) десмит ПДС был выявлен преимущественно в дистальной части, а именно в области ножек.

Согласно некоторым научным данным травмы подвешивающий связки чаще всего встречаются у лошадей в конкуре и в выездке, однако по нашим данным десмит ПДС встречался чаще в выездке, чем в конкуре. [2] Необходимо отметить тот факт, что у лошадей группы 2 (конкур) и группы 3 (пробеги) встречались травмы исключительно в области грудных конечностей, что, по-видимому, связано с тем, то на грудные конечности приходится большая часть веса лошади, а также добавляется и вес всадника. В конкуре при приземлении после прыжка нагрузка на грудные конечности с учетом веса всадника также высока [6]. В то время как в группе 1 (выездка), при выполнении упражнений, как известно, лошади перераспределяют центр тяжести в зависимости от выполняемого элемента, что как следствие приводит к травмам и области тазовых конечностей. Что касается выездки, то по травматизму лошадей проведено не так много исследований, вероятно, так как на первый взгляд может показаться, что этот вид спорта малотравматичен, однако это не так, ведь как раз за счёт перераспределения нагрузки и выполнения неравномерных элементов формируются краевые травмы, которые сложнее поддаются лечению, чем травмы центральной локализации. Обследование лошадей на предмет травматизма в пробегах также ограниченно на данный мо-

мент, ведь конные дистанционные пробеги относительно новый вид конного спорта для Северо-Западного региона.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

У лошадей участвующих в конных дистанционных пробегах встречаются преимущественно изолированные травмы ППС (80%) в области средней трети пясти. Сочетанное повреждение ППС и ГПС (20%) встречается гораздо реже и также в области средней трети пясти.

У лошадей, используемых в дисциплине «выездка»» преобладал сочетанный тендинит ППС и ГПС (35%) в области сухожилий средней трети пясти. Также был выявлен десмит ДГ ГПС (10%) и десмит ПДС (30%). У лошадей, работающих по дисциплине «конкур» у 55% была выявлена сочетанная травма ППС и ГПС и только у 20% был выявлен изолированный тендинит ППС и у 20% изолированный тендинит ГПС. десмит ПДС был выявлен у 15% животных.

У лошадей из группы 3 (конные пробеги) были выявлены травмы сухожилий грудных конечностей центральной локализации, в то время как у лошадей в выездке были выявлены травмы сухожилий как грудных, так и тазовых конечностей центральной и краевой локализации. В конкуре также были выявлены травмы сухожилий исключительно центральной локализации, и травмы сухожилий тазовых конечностей практически не встречались (5%)

INJURIES TO THE TENDON-LIGAMENTOUS APPARATUS OF HORSES PARTICIPATING IN EQUESTRIAN DISTANCE RUNNING COMPETITIONS IN COMPARISON WITH CLASSICAL EQUESTRIAN SPORTS

Stekolnikov A.A. – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor of General, Private and Operative Surgery (0000-0002-9519-2839); **Guseva V.A.** – Candidate of Veterinary Sciences, vet. doctor (ORCID 0000-0003-1373-5762); **Ladanova M.A.** – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of General, Private and Operative Surgery (0000-0002-2195-6752).

*hauteecole90@mail.ru

ABSTRACT

In the North-West region of Russia, the interest of athletes is concentrated mainly on classical types of equestrian sports (show jumping, dressage). Show jumping and dressage differ in many ways from endurance, but the main difference is the length of the distance (in endurance races the distance can reach 160 km), which requires training, first of all, for endurance. At the same time, in show jumping, as is known, horses overcome obstacles, and in dressage they perform elements in which the distribution of the load does not always occur evenly. Most likely, the nature and frequency of injuries in horses in endurance races over certain distances will differ from injuries in other types of equestrian sports. The results of these studies are relevant in connection with the widespread incidence of injuries in horses in equestrian sports in order to develop training schemes, preventive and therapeutic measures for injuries in horses participating in competitions in this area [4]. This equestrian sports area is quite young in the North-West region, relative to classical types, so there is a need for research. Previous studies have shown that the main cause of injuries in horses participating in races is overexertion caused by excessive accumulation of lactic acid in the muscles over long distances. While in classical equestrian sports the main etiological factors of injury are: excessive stretching of the tendons with a sharp contraction of the muscles, forcing training and, as a result, overheating of the tendons [2,3]. In general, it is known that the flexor tendons and the suspensory ligament (interosseous muscle) are most often injured in horses [1]. Analyzing the obtained research results, it was found that horses participating in equestrian distance endurance racing were more often diagnosed with injuries of the superficial digital flexor (SDF) and deep digital flexor (DDF) of the thoracic limbs, and horses used in classical equestrian sports, along with injuries of the SDF and

DDF, were also diagnosed with injuries of the suspensory ligament (SDL) of both the thoracic and pelvic limbs.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Зеленевский, Н. В. Анатомия и физиология сельскохозяйственных животных: Учебник для СПО / Н. В. Зеленевский, М. В. Щипакин, К. Н. Зеленевский. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2022. – 448 с. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=48412319

2.Зеленевский, Н. В. Международная ветеринарная анатомическая номенклатура / Н. В. Зеленевский. – СПб.: Лань, 2013. – 400 с.

3.Ковач М., Ортопедические заболевания лошадей / М. Ковач. – М.: Королевский издательский дом, 2013. – 582 с.

4.Лытнева, Е.В. Поведение и физиологические реакции двухлетних лошадей при раннем напрыгивании / Е.В.Лытнева, И.Е.Иноземцева // Резервы повышения эффективности коневодства и коннозаводства: сб. науч. тр. / ВНИИ коневодства. - Рыбное, 1987. - С.141-150.

5.Семёнов Б.С. Травматизм лошадей на соревнованиях по конным дистанционным пробегам /Б.С. Семёнов, В.А. Гусева, Т.С. Кузнецова// Международный вестник ветеринарии. – 2018. - №1. – с. 104-108. Режим доступа: https://vetjournal.spbguvm.ru/jour/article/view/440/438

6.Семёнов Б.С. Оценка пульса и теса Риджвея как предикторов развития метаболических нарушений у лошадей на соревнованиях по конным дистанционным пробегам/Б.С. Семёнов, В.А. Гусева, Т.С. Кузнецова// Международный вестник ветеринарии. –2022. – 1. –с.135-139.Режимдоступа: https://vetjournal.spbguvm.ru/jour/article/view/834/800

7.Gibson, K. T. Conditions of the suspensory ligament causing lameness in horses / K. T. Gibson, C. M. Steel // Equine Vet Educ. – 2002. – № 14. – P. 39–50

REFERENCES

1.Zelenevsky, N. V. Anatomy and physiology of farm animals: Textbook for secondary vocational education / N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin, K. N. Zelenevsky. - St. Petersburg: Lan Publishing House, 2022. - 448 p. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=48412319

2.Zelenevsky, N. V. International veterinary anatomical nomenclature / N. V. Zelenevsky. - St. Petersburg: Lan, 2013. - 400 p.

3.Kovacs M., Orthopedic diseases of horses / M. Kovacs. - M.: Royal Publishing House, 2013. - 582 p.

4.Lytneva, E.V. Behavior and physiological reactions of two-year-old horses during early jumping / E.V.Lytneva, I.E.Inozemtseva // Reserves for increasing the efficiency of horse breeding and stud farming: collection of scientific papers / All-Russian Research Institute of Horse Breeding. - Rybnoye, 1987. - Pp. 141-150.

5.Semenov B.S., Horse injuries during endurance racing competitions / B.S. Semenov, V.A. Guseva, T.S. Kuznetsova // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2018. - No. 1. - Pp. 104-108. Access mode: https://vetjournal.spbguvm.ru/jour/article/view/440/438

6.Semenov B.S., Evaluation of pulse and Ridgeway test as predictors of development of metabolic disorders in horses in endurance competitions/B.S. Semenov, V.A. Guseva, T.S. Kuznetsova// International Bulletin of Veterinary Medicine. -2022. - 1. - pp.135-139.Access mode: https://vetjournal.spbguvm.ru/jour/article/view/834/800

7.Gibson, K. T. Conditions of the suspensory ligament causing lameness in horses / K. T. Gibson, C. M. Steel // Equine Vet Educ. - 2002. - No. 14. - R. 39-50

УДК: 615.211: 616 – 0.89.5 – 032: 611.819.59:636.3
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.479

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИДОКАИНА И БУПИВАКАИНА ПРИ ЭПИДУРАЛЬНОЙ АНЕСТЕЗИИ У ОВЕЦ

Нечаев А.Ю.[*] - д-р ветеринар. наук, доц., зав. каф. общей, частной и оперативной хирургии (ORCID-0000-0001-9035-0036); **Пандранги Харша** – асп. каф. общей, частной и оперативной хирургии

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

[*] netschajew@yandex.ru

Ключевые слова: *овцы, эпидуральная анестезия, лидокаин, бупивакаин, частота дыхания.*

Key words: *sheep, epidural anesthesia, lidocaine, bupivacaine, respiratory rate.*

Поступила: 25.09.2023 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

Вопросы обезболивания при хирургических операциях у сельскохозяйственных животных требуют совершенствования и применения современных методов как общей, так и местной анестезии. Всё большее распространение в ветеринарной практике находит метод эпидуральной анестезии и выбор оптимального анестетика для её проведения, его дозировка определяют адекватность обезболивания. Настоящее исследование было проведено с целью проведения сравнительной оценки клинической эффективности при использовании для эпидуральной анестезии овец современных местных анестетиков. Серия из 60 испытаний была проведена на овцах с использованием 2% лидокаина гидрохлорида (I группа), 2% лидокаина гидрохлорида с адреналином (II группа) и 0,5% бупивакаина гидрохлорида (III группа) на базе кафедры общей, частной и оперативной хирургии Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины в период с января по июль 2024 года. Каждая из групп состояла из 20 здоровых овец в возрасте от 1 до 2 лет. Контролировали влияние анестетиков на частоту сердечных сокращений, дыхания, дыхательный объем, минутную вентиляцию и ректальную температуру. При проведении эпидуральной анестезии 0,5% раствором бупивакаина наблюдалось достоверное снижение частоты сердечных сокращений, незначительное урежение дыхания и уменьшение ректальной температуры. Частота сердечных сокращений и дыхания значительно увеличивалась при использовании 2% лидокаина и при использовании 2% лидокаина с адреналином. Применение адреналина во второй подопытной группе позволило увеличить продолжительность действия 2% лидокаина. Продолжительность обезболивания 0,5%-ным бупивакаином в третьей группе была наибольшей в сравнении с другими группами. Сонливое состояние, тимпания и дрожь в ряде случаев наблюдались при использовании 0,5% бупивакаина. Из настоящего исследования следует, что при эпидуральной анестезии у овец применение 2% лидокаина наиболее целесообразно.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Среди отраслей животноводства овцеводство традиционно занимает одно из первых мест по разнообразию и специфике производимой продукции в южных регионах России. В условиях импортозамещения овцеводство обеспечивает потребность в высококачественных мясных продуктах и в сырье для промышленности, способствует рациональному использованию земельных и трудовых ресурсов. Поголовье овец в России составляет 19,1 млн. голов и имеется необходимость устранения тенденции сокращения поголовья путем внедрения эффективных методов лечения и профилактики хирургической патологии у данного вида животных [1].

Эпидуральная анестезия используется в ветеринарной практике при различных хирургических вмешательствах на органах брюшной полости, например, кесарево сечение, при хирургической патологии в области тазовых конечностей, например вскрытие абсцесса, а также при удалении вымени, ампутации хвоста, при осмотре прямой кишки, матки, влагалища и др. Большинство рутинных хирургических вмешательств у жвачных животных можно проводить с использованием местной анестезии. Эти методы просты, безопасны и экономичны и не требуют сложного оборудования. Кроме того, общая анестезия у этого вида животных часто приводит к тимпании, регургитации и аспирации содержимого рубца. Использование эпидуральной анестезии позволит уменьшить вероятность осложнений у овец, связанных с проведением общей анестезии, что снизит операционно-анестезиологический риск [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследовательская работа проводилась на базе кафедры общей, частной и оперативной хирургии Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины в период с января по июль 2024 года. Исследования местных анестетиков были проведены на 60 овцах обоего пола, которые были разделены на три опытные группы. Каждая группа состояла из 20 практически здоровых овец обоего пола (масса тела варьировала от 20 до 25 кг, а возраст - от 12 до 24 месяцев), которые в период с января по июль 2024 года подвергались исследованию влияния некоторых местных анестетиков: 2% лидокаина в дозе 5 мг/кг, 2% лидокаина с добавлением адреналина в дозе 5 мкг/кг (адреналин добавляют в соотношении 1 мл 0,1% адреналина на 100 мл анестетика), 0,5% бупивакаина гидрохлорида в дозе 1мг/кг на низкую (крестцово-копчиковую) эпидуральную анестезию. Местные анестетики вводили в пространство (L6 – S1) между последним поясничным и первым крестцовым позвонками, в первой группе 2% лидокаин в среднем 5 мл на животное, во второй группе 2% лидокаин в среднем 5 мл с добавлением 0,05 мл 0,1% адреналина на животное и в третьей группе 0,5% бупивакаина гидрохлорид в среднем 4-5 мл в зависимости от массы тела животного.

Все животные подвергались плановой дегельминтизации и вакцинации от распространенных инфекционных заболеваний. Регистрировались возраст, пол и масса тела животного, проводилось клиническое обследование для выявления сопутствующих патологий. Животных доставляли в операционную за 40-45 минут до введения местных анестетиков. Животное укладывалось на операционный стол в боковом лежачем положении и проводилась его надежная фиксация ассистентом. Область инъекции (пояснично-крестцовое пространство) предварительно выстригалась, выбривалась и обрабатывалась 5% спиртовым раствором йода.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В первой группе артериальное давление (АД) была достоверно ($p < 0,05$) снижено, а частота сердечных сокращений (ЧСС) повышена при применении лидокаина по сравнению с показателями до эпидуральной анестезии. После прекращения действия местного анестетика изменения средних значений частоты сер-

дечных сокращений и артериального давления были незначительными по сравнению с исходными показателями до проведения анестезии. Снижение ректальной температуры в первой и второй группах во время и после обезболивания было незначительным (табл. 1). Во второй группе средние значения частоты сердечных сокращений и артериального давления были достоверно ($p<0,05$) увеличены по сравнению с показателями до проведения эпидуральной анестезии (табл. 1).

Анализируя динамику показателей внешнего дыхания, представленных в таблице 2, можно отметить, что во всех группах дыхательный объем (Vt) увеличивался под воздействием эпидуральной анестезии, наиболее значимо в первой и третьей группах. Частота дыхания (ЧД) также достоверно увеличивалась в первой и второй группах в течение анестезии, а в третьей группе незначительно снизилась. Соответственно минутная вентиляция (Ve) также незначительно снизилась в этой группе в течение анестезии и после прекращения воздействия местного анестетика составила всего лишь 7,1±0,3 л.

По мнению ряда авторов, влияние местного анальгетика на клинические показатели во время эпидуральной анестезии обусловлено как местной, так и системной абсорбцией. Они обнаружили, что частота сердечных сокращений, дыхания и артериальное давление оставались неизменными после обезболивания лидокаином. Ксилазин-лидокаин вызывал значительное снижение частоты сердечных сокращений и дыхания, но не артериального давления [3]. Во время обезболивания лидокаином средняя частота сердечных сокращений была значительно выше, а частота дыхания и ректальная температура - значительно ниже [4]. 0,5%-ный раствор бупивакаина гидрохлорида незначительно снижал частоту сердечных сокращений и дыхания при низкой эпидуральной анестезии, что согласуется с мнением Lee L. [5], хотя Lemke K.A и соавт. [6] не наблюдали изменений частоты сердечных сокращений, частоты дыхания и ректальной температуры при использовании 0,5%-ного раствора бупивакаина гидрохлорида при низкой эпидуральной анальгезии. Снижение частоты дыхания может быть результатом их угнетающего воздействия на ЦНС и дыхательный центр.

Критерием наступления действия эпидуральной анестезии являлось полное отсутствие коленных рефлексов (у 100% животных) и зияние ануса (около 70%). Время, при котором регистрировалась наибольшая область отсутствия чувствительности и достигалось максимальное обезболивание (пик обезболивания) представлено в таблице 3. Максимальное обезболивание у всех животных первой группы наступало в течение 10-20 минут, у животных второй группы – в течение 11 -24 минут. В третьей группе максимальный эффект проявлялся через 6–20 минут после введения бупивакаина в эпидуральное пространство. Между I и II группами не было существенной разницы во времени наступления эффекта, но во II группе разница была статистически значимой по сравнению с третьей группой, в которой время наступление пика обезболивания было наиболее коротким (таблица 3). Как по нашим наблюдениям, так и по сведениям ряда авторов физические характеристики животных (масса тела, длина спины животного, размер позвоночного канала, количество эпидурального жира) влияли на распределение вводимых в эпидуральное пространство препаратов [5].

Продолжительность обезболивания 0,5%-ным бупивакаином в третьей группе была наибольшей в сравнении с другими группами. Длительность действия эпидуральной анестезии во второй группе была достоверно больше, чем в первой группе за счет добавления адреналина к лидокаину и составляла в среднем 36,2±8,1 мин. Это наблюдение соответствует выводам других авторов [6].

Таблица 1 – Динамика частоты сердечных сокращений, артериального давления и ректальной температуры при эпидуральной анестезии у овец

Группы (n = 20)	ЧСС, уд/мин.			АД, мм рт.ст.			Температура тела , ^{0}C		
	Исходн. данные	В течение анестезии	После анестезии	Исходн. данные	В течение анестезии	После анестезии	Исходн. данные	В течение анестезии	После анестезии
I группа	86,4±6,5	92,8±6,4*	85,0±3,2	116,4±3,1	105,0±3,9*	114,6±4,4	38,7±0,2	38,3±0,3	38,3±0,2
II группа	86,6±4,7	96,3±4,2*	90,9±3,1	111,6±5,5	119,1±4,7**	111,7±3,8	38,6±0,3	38,7±0,2	38,4±0,2
III группа	86,8±4,4	81,4±5,1	78,9±3,5**	114,0±3,4	110,0±2,3	112,2±4,2	38,5±0,2	38,6±0,1	38,8±0,3

Обозначения: $X \pm S_x$ – средняя ± ошибка средней;
*уровни значимости: *– $p < 0,05$ – значимый; * *– $p < 0,01$ – высоко значимый*

Таблица 2 – Динамика показателей внешнего дыханияпри эпидуральной анестезии у овец

Группы (n = 20)	ЧД, дыхат. движений/мин.			V_t – дыхат.объем (мл)			Температура тела , ^{0}C		
	Исходн. данные	В течение анестезии	После анестезии	Исходн. данные	В течение анестезии	После анестезии	Исходн. данные	В течение анестезии	После анестезии
I группа	30,6±2,1	38,0±2,9**	30,6±2,4	230,3±7,8	238,0±6,9**	234,6±7,4	7,1±0,2	9,0±0,1**	7,2±0,3
II группа	35,6±2,5	40,1±2,5*	36,7±1,5	235,6±6,5	239,1±8,8	236,7±5,5	8,4±0,3	9,6±0,3*	8,7±0,2
III группа	31,6±2,4	30,0±2,3	30,2±2,2	239,6±8,4	248,8±7,3**	234,2±9,2	7,6±0,2	7,5±0,1	7,1±0,3

Обозначения: $X \pm S_x$ – средняя ± ошибка средней;
*уровни значимости: *– $p < 0,05$ – значимый; * *– $p < 0,01$ – высоко значимый*

Таблица 3 – Время наступления и длительность обезболивания при применении лидокаина и бупивакаина для эпидуральной анестезии у овец

Группы (n = 20)	Время достижения пика обезболивания (мин.)	Длительность обезболивания (мин.)
I группа	10 – 21 14,1±3,9	19 – 41 30,7±8,8
II группа	11 – 24 17,9±5,1	26 – 45 36,2±8,1*
III группа	6-20 13,3±5,4**	52-75 62±9,2**

Обозначения: $X \pm S_x$ – средняя ± ошибка средней;
*Уровни значимости: *– $p < 0,05$ – значимый; * *– $p < 0,01$ – высоко значимый*

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Как показали проведенные исследования, одно и то же количество местноанестезирующих препаратов при эпидуральной анестезии оказывало различный эффект по времени наступления и продолжительности действия. В III группе при применении бупивакаина гидрохлорида у некоторых животных наблюдались сонливость, мышечная дрожь, слюноотделение, иногда тимпания. Добавление адреналина к лидокаину обеспечивало увеличение продолжительности анестезирующего эффекта во II группе и рекомендуется при эпидуральной анестезии в случаях выполнения длительных оперативных вмешательств.

COMPARATIVE EFFICACY OF LIDOCAINE AND BUPIVACAINE IN EPIDURAL ANESTHESIA IN SHEEP

Nechaev A.Y.* – Doctor of Veterinary Science, Associate Professor, Head of surgery department (ORCID-0000-0001-9035-0036); ***Pandrangi Harsha*** – postgraduate student of surgery department.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

* netschajew@yandex.ru

ABSTRACT

The issues of anesthesia during surgical operations in farm animals require the improvement and application of modern methods of both general and local anesthesia. The method of epidural anesthesia and the choice of the optimal anesthetic for its implementation are becoming increasingly widespread in veterinary practice, its dosage determines the adequacy of anesthesia. The present study was conducted in order to conduct a comparative assessment of clinical efficacy when using modern local anesthetics for epidural anesthesia of sheep. A series of 60 tests were conducted on sheep using 2% lidocaine hydrochloride (group I), 2% lidocaine hydrochloride with adrenaline (group II) and 0,5% bupivacaine hydrochloride (group III) at the Department of General, Private and Operative Surgery of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine in the period from January to July in 2024. Each of the groups consisted of 20 healthy sheep aged from 1 to 2 years. The effect of anesthetics on heart rate, respiration, respiratory volume, minute ventilation and rectal temperature was monitored. During epidural anesthesia with 0.5% bupivacaine solution, there was a significant decrease in heart rate, a slight decrease in respiration and a decrease in rectal temperature. The heart rate and respiration rate increased significantly when using 2% lidocaine and when using 2% lidocaine with adrenaline. The use of adrenaline in the second experimental group allowed to increase the duration of action of 2% lidocaine. The duration of anesthesia with 0,5% bupivacaine in the third group was the longest in comparison with other groups. Drowsiness, tympania and trembling were observed in some cases when using 0,5% bupivacaine. It

follows from the present study that the use of 2% lidocaine is most reasonably in epidural anesthesia in sheep.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Финагеев, Е. Ю. Хирургическая патология у овец в хозяйствах Ростовской области / Е.Ю. Финагеев, А.А.Стекольников//Международный вестник ветеринарии. –2021.–№3.–С.223–226. 2. Общая анестезия и эвтаназия в ветеринарии: учеб. пособие / Р.Бетшарт-Вольфенсбергер, А.А.Стекольников, К.В. Племяшов, А.Ю.Нечаев. – СПб.: Проспект науки, 2017. – 376 с.
3. Beretta, M.P. Analgesic and systemic effects of xylazine, lidocaine and their combination after subarachnoid administration in goats / R. De Rossi, A.L. Junqueira, M.P. Beretta // Journal of African Veterinary Association – 2005. – Vol.76, № 3. – P. 79 – 84.
4. Nweke, R.I. Comparison of physiologic and analgesic effects of xylazine/ketamine, xylazine/lignocaine, and lignocaine anaesthesia in West-African Dwarf Goat / R.I. Nweke // Nigerian Veterinary Journal – 2004. – Vol.25. – P. 41 – 43.
5. Lee, L. Local analgesia and anaesthesia / L. Lee // Center for Veterinary Health Sciences, Oklahoma State University – 2006. – P.25 – 30.
6. Lemke, K.A. Local and regional anesthesia / K.A. Lemke, S.D. Dawson // Veterinary Clinics of North American Small Animal Practices – 2000. – Vol.30. – P. 839 – 857.

REFERENCES

1. Finageev, E. Y. Surgical pathology in sheep in farms of the Rostov region / E. Y. Finageev, A. A. Stekolnikov // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2021. – No. 3. – pp. 223-226. 2. General anesthesia and euthanasia in veterinary medicine: studies. handbook / R.Betshart-Wolfensberger, A.A.Stekolnikov, K.V. Plemyashov, A.Yu.Nechaev. – St. Petersburg: Prospect nauki, 2017. – 376 p.
3. Beretta, M.P. Analgesic and systemic effects of xylazine, lidocaine and their combination after subarachnoid administration in goats / R. De Rossi, A.L. Junqueira, M.P. Beretta // Journal of African Veterinary Association – 2005. – Vol.76, № 3. – P. 79 – 84.
4. Nweke, R.I. Comparison of physiologic and analgesic effects of xylazine/ketamine, xylazine/lignocaine, and lignocaine anaesthesia in West-African Dwarf Goat / R.I. Nweke // Nigerian Veterinary Journal – 2004. – Vol.25. – P. 41 – 43.
5. Lee, L. Local analgesia and anaesthesia / L. Lee // Center for Veterinary Health Sciences, Oklahoma State University – 2006. – P.25 – 30.
6. Lemke, K.A. Local and regional anesthesia / K.A. Lemke, S.D. Dawson // Veterinary Clinics of North American Small Animal Practices – 2000. – Vol.30. – P. 839 – 857.

УДК: 591.471.4:615.216.2:636.8
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.485

АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АНЕСТЕЗИИ НИЖНЕГО АЛЬВЕОЛЯРНОГО НЕРВА У КОШКИ ДОМАШНЕЙ

Иванцов В.А. * – канд. биол. наук, доц. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова; **Качалин М.Д.** – д-р ветеринар. наук, доц. каф. ветеринарной хирургии; **Лясковский И.Д.** – асс. каф. ветеринарной хирургии.

ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина

* ivancov@mgavm.ru

Ключевые слова: кошка, нижняя челюсть, подбородочное отверстие, нижнечелюстное отверстие, мандибуляраная анестезия, нижний альвеолярный нерв, ветеринарная стоматология

Key words: cat, mandible, mental foramen, mandibular foramen, mandibular anesthesia, inferior alveolar nerve, veterinary dentistry

Поступила: 20.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В публикации представлено анатомо-топографическое обоснование мандибулярной анестезии у домашней кошки. Исследования выполнялось на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова и ветеринарной хирургии ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина. Объектом исследования являлась кошка домашняя (Felis catus) (n=45) в возрасте от 1 года до10 лет. Материалом для исследования служили нижние челюсти (n=15) и обзорные рентгенограммы области головы (n=30). Использовали комплексный методический подход, включающий в себя: анатомическое препарирование с целью скелетирования головы, макроморфометрию с определением скелетотопических ориентиров нижней челюсти, обзорную рентгенографию костного остова головы с последующей дешифровкой полученной информации и рентгенограмметрией в программе «RadiAnt», а также статистическую обработку полученных цифровых данных проводили по общепринятым методикам. При изучении нижних челюстей и обзорных рентгенограмм нами установлены видовые и индивидуальные особенности анатомо-топографических ориентиров (подбородочное и нижнечелюстное отверстие), соответствующих структурным образованиям нижнечелюстного канала у кошки домашней. Так описаны форма, вариации и скелетотопия изучаемых отверстий. На основании полученных результатов макроскопической морфометрии и ренгенограмметрии представлены скелетотопические ориентиры каналообразующих отверстий нижней челюсти, которые необходимо учитывать при проведении мандибулярной анестезии. Полученные результаты являются базовыми при разработке новых доступов к нижнечелюстной ветви тройничного нерва при выполнении мандибулярной анестезии в ветеринарной стоматологии.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Проводниковая анестезия тройничного нерва является одной из распространенных манипуляций в ветеринарной стоматологии [1, 9-12]. Для ее правильного выполнения важно знать топические ориентиры анатомических структур, образующих костные черепные каналы. Несмотря на имеющиеся сведения в данной области, многие аспекты этой проблемы являются не до конца изученными [1-5,7,13,14]. Так, сведения о топических ориентирах отверстий, образующих нижнечелюстной канал у кошки домашней достаточно фрагментарны [6, 9-12]. Вместе с тем, недостаточная изученность данного вопроса не может гарантировать качественного проведения хирургических манипуляций на зубочелюстном аппарате в ветеринарной стоматологии.

Исходя из вышеизложенного, цель настоящего исследования – представить анатомо-топографическое обоснование выполнения анестезии нижнего альвеолярного нерва (мандибулярной) у кошки домашней.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводились на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова и ветеринарной хирургии ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина. Объектом исследования являлась кошка домашняя (Felis catus) (n=45) в возрасте от 1 года до 10 лет. Материалом для исследования служили нижние челюсти (n=15) и обзорные рентгенограммы области головы (n=30).

Использовали комплекс методов, включающий: анатомическое препарирование с целью получения скелета головы, макроморфометрию с определением следующих линейных параметров - скелетотопических ориентиров нижней челюсти (рис. 1 а, б): расстояние от альвеолы клыка до рострального подбородочного отверстия, расстояние от вентрального края тела нижней челюсти до рострального подбородочного отверстия, расстояние между ростральным и аборальным подбо-

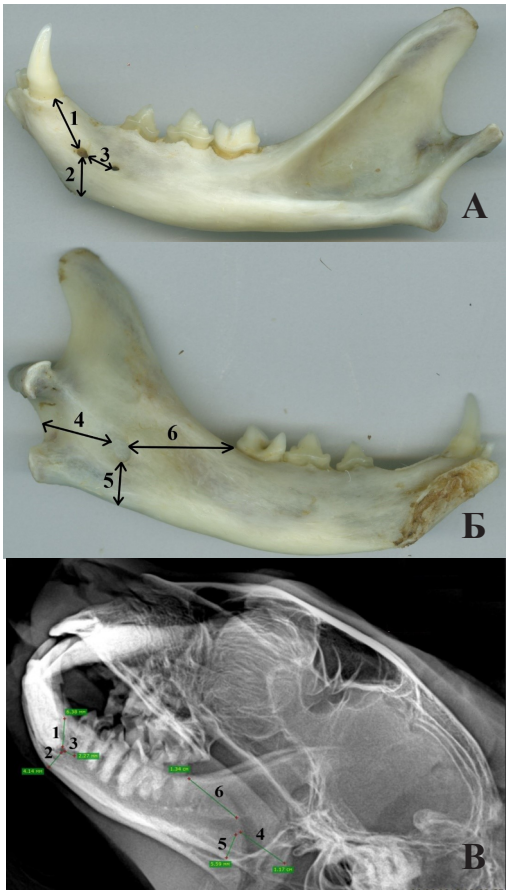


Рисунок 1 – Скелетотопические ориентиры нижней челюсти у кошки домашней. Макропрепарат: а – латеральная поверхность; б – медиальная поверхность; в – обзорная рентгенограмма. 1 – расстояние от альвеолы клыка до рострального подбородочного отверстия; 2 – расстояние от вентрального края тела нижней челюсти до рострального подбородочного отверстия; 3 – расстояние между ростральным и аборальным подбородочными отверстиями; 4 – расстояние от каудального края ветви нижней челюсти до нижнечелюстного отверстия; 5 – расстояние от вентрального края ветви нижней челюсти до нижнечелюстного отверстия; 6 – расстояние от альвеолы первого моляра до нижнечелюстного отверстия.

родочными отверстиями, расстояние от каудального края ветви нижней челюсти до нижнечелюстного отверстия, расстояние от вентрального края ветви нижней челюсти до нижнечелюстного отверстия и расстояние от альвеолы моляра до нижнечелюстного отверстия.

Обзорную рентгенографию костного остова головы у изучаемых кошек выполняли на аппарате Orange 1040HF с последующей дешифровкой полученной информации и рентгенограмметрией в сертифицированной программе «RadiAnt» (рис. 1 в). Статистическую обработку полученных цифровых данных проводили по общепринятым методикам [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Общеизвестно, что анестезия нижнего альвеолярного нерва предоставляет доступ к манипуляциям с зубами на нижней челюсти без применения общего наркоза [1, 2, 5, 7, 9, 10, 12].

Для определения топических ориентиров точек выполнения мадибулярной анестезии у кошек нами были установлены анатомические особенности отверстий, образующих нижнечелюстной канал (таблица 1).

При обезболивании резцовой группы зубов, важным ориентиром являются анатомические и топические особенности подбородочного отверстия (рис. 2 а). Установлено, что у кошки оно двойное – ростральное, неправильной овальной формы проецируется в области корня клыка, в то время как аборальное более меньшего размера и неправильной круглой формы располагается под мезиальном корнем 1-ого премоляра. Также стоит отметить наличие добавочных отверстий под резцовой группой зубов, которые являются выходными отверстиями резцового канала (рис. 2 б).

Однако следует подчеркнуть, что у изученных нами кошек в 10% случаев аборальное подбородочное отверстие отсутствовало (рис. 3).

В случае обезболивания жевательной группы зубов, основным топическим ориентиром является нижнечелюстное отверстие (рис. 4), расположенное в крыловой ямке медиальной поверхности нижней челюсти, имеет вытянутую овальную форму с обособленной ямкой направленной аборально к суставному (мыщелковому) отростку ветви нижней челюсти.

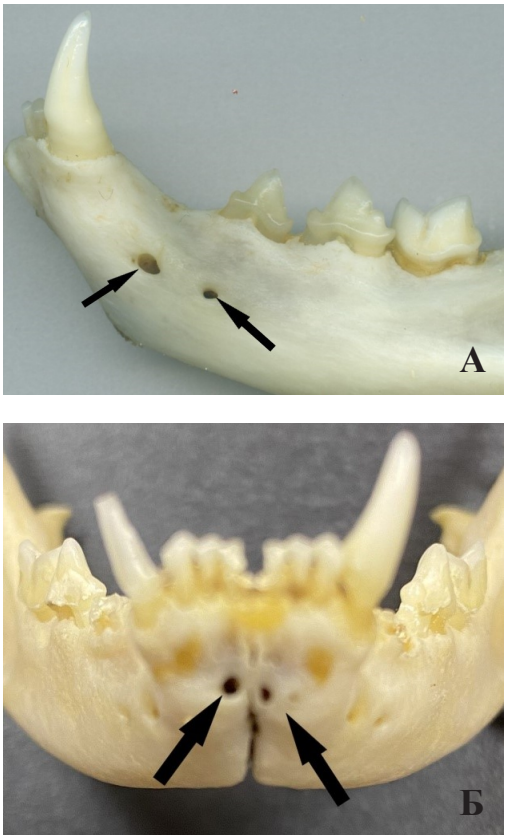


Рисунок 2 – Тело нижней челюсти половозрелой (3 года) кошки. Макропрепарат:
А – подбородочные отверстия (область локализации указана стрелками); добавочные отверстия;
Б – добавочные отверстия (область локализации указана стрелками).

Таблица 1 - Скелетотопические ориентиры отверстий нижнечелюстного канала у кошек, мм

Параметры	Результаты макроморфометрии		Результаты рентгенограмметрии	
	П	Л	П	Л
От альвеолы клыка к подбородочному отверстию	5,9±0,3	6,7±0,4	6,2±0,4	6,5±0,4
От вентрального края тела нижней челюсти к подбородочному отверстию	4,7±0,3	4,6±0,3	4,5±0,5	4,7±0,3
Расстояние между ростральным и аборальным подбородочными отверстиями	3,1±0,2	2,6±0,2	2,5±0,3	2,8±0,3
От каудального края ветви нижней челюсти к нижнечелюстному отверстию	11,1±0,3	11,2±0,4	11,4±0,5	11,2±0,3
От вентрального края ветви нижней челюсти к нижнечелюстному отверстию	4,9±0,2	5,1±0,3	5,0±0,4	4,8±0,3
От альвеолы первого моляра к нижнечелюстному отверстию	12,4±0,6	12,1±0,7	12,8±0,5	13,1±0,5

Различия между сравниваемыми величинами не достоверны (P≥0,05).

Сравнительный анализ макроморфометрических и ренгенограмметрических параметров не выявил достоверных различий (P≥0,05), что свидетельствует о высокой информативности метода рентгенодиагностики в оценке морфофункционального состояния нижнечелюстных костей и каналообразующих отверстий на них и может быть предложен для определения топических ориентиров на обзорной рентгенограмме перед выполнением манипуляции для ее большой точности у кошек при различных хирургических манипуляциях на органах ротовой полости.

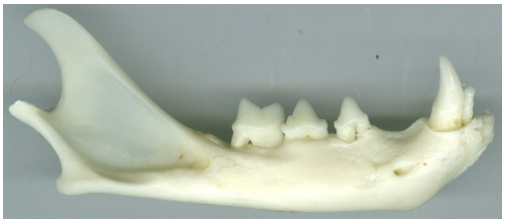


Рисунок 3 – Нижняя челюсть половозрелой (3 года) кошки. Макропрепарат. Отсутствие аборального подбородочного отверстия.



Рисунок 4 – Ветвь нижней челюсти у половозрелой (3 года) кошки. Макропрепарат. Область локализации нижнечелюстного отверстия указана стрелкой.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

1. Установлены видовые и индивидуальные особенности анатомо-топографических ориентиров, соответствующих структурным образованиям нижнечелюстного канала у кошки домашней.

2. На основании результатов макроскопической морфометрии и ренгенограмметрии представлены скелетотопические ориентиры каналообразующих отверстий нижней челюсти, которые необходимо учитывать при проведении мандибулярной анестезии.

3. Полученные результаты являются базовыми при разработке новых доступов к нижнечелюстному каналу, а также при выполнении анестезии нижнечелюстной ветви тройничного нерва в ветеринарной стоматологии.

ANATOMO-TOPOGRAPHICAL JUSTIFICATION OF ANESTHESIA OF THE INFERIOR ALVEOLAR NERVE OF DOMESTIC CAT

Ivantsov V.A. * – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy and Histology of Animals named after Prof. A.F. Klimova; **Kachalin M.D.** – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor of Veterinary Surgery; **Lyaskovsky I.D.** – ass. of the Department of Veterinary Surgery

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin

* ivancov@mgavm.ru

ABSTRACT

The publication presents anatomo-topographical substantiation of mandibular anesthesia in the domestic cat. The research was carried out on the basis of the Department of Anatomy and Histology of Animals named after Prof. A.F. Klimov and Veterinary Surgery of the K.I. Skryabin Moscow State Automobile Academy of Veterinary Medicine and Biology. The object of the study was a domestic cat (Felis catus) (n=45) aged from 1 to 10 years. The material for the study were mandibles (n=15) and review radiographs of the head region (n=30). We used a complex methodical approach including: anatomical preparation for the purpose of skeletonization of the head, macromorphometry with determination of skeletotopic landmarks of the mandible, overview radiography of the bone structure of the head with subsequent decoding of the obtained information and radiogrammetry in the program “RadiAnt”, as well as statistical processing of the obtained digital data was carried out according to the generally accepted methods. In the analysis of mandibles and review radiographs, we have established species-specific and individual features of anatomo-topographic landmarks (mental and mandibular foramen) corresponding to the structural formations of the mandibular canal in the domestic cat. Thus the shape, variations and skeletotopia of the studied fora-

men are described. On the basis of the obtained results of macroscopic morphometry and radiogrammetry the skeletotopic landmarks of the mandibular canal-forming foramen are presented, which should be taken into account during mandibular anesthesia. The obtained results are basic for the development of new accesses to the mandibular branch of the trigeminal nerve when performing mandibular anesthesia in veterinary dentistry.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ветеринарная стоматология / Н. А. Слесаренко, А. В. Красников, В.А. Иванцов [и др.]. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 132 с.
2. Иванцов В. А. Анатомо-топографическая характеристика канало-образующих отверстий нижней челюсти у домашних животных / В. А. Иванцов, Д. Д. Кораблева // Ветеринарная морфология и патология. - 2023. -№ 2. - С. 51-57.
3. Иванцов В. А. Анатомо-топографическое обоснование мандибулярной анестезии у животных различных таксономических групп / В.А. Иванцов, Д.Д. Кораблева // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2023. - № 11. - С. 6-12.
4. Иванцов В. А. Сравнительная морфометрическая характеристика подглазничного канала собаки и кошки домашней / В. А. Иванцов, С. Г. Кумиров, Т. Н. Петрова // Морфология в XXI веке: теория, методология, практика: Сборник трудов Международной научно-практической конференции, Москва, 24–26 апреля 2024 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К. И. Скрябина», 2024. – С. 116-118.
5. Иванцов В. А. Скелетотопические особенности подбородочного отверстия у животных / В. А. Иванцов, Д. Д. Кораблева, А. А. Скворцова // Международный вестник ветеринарии. - 2024. - № 1. - С. 230-235.
6. Леглай Е. Д. Сравнительная характеристика зубного аппарата рыси евразийской и кошки / Е. Д. Леглай, Д. С. Былинская // Молодёжная наука 2024: технологии инновации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых учёных, аспирантов и студентов, посвящённой Десятилетию науки и технологий в Российской Федерации. В 4-х частях, Пермь, 08–12 апреля 2024 года. – Пермь: ИПЦ Прокростъ, 2024. – С. 60-62.
7. Слесаренко Н. А. Топографо-анатомическое обоснование выполнения мандибулярной анестезии у представителей семейства Canidae / Н. А. Слесаренко, В. А. Иванцов // Иппология и ветеринария. - 2020. - № 2 (36). – С. 190-195.
8. Статистическая обработка данных при научном исследовании: учебное пособие / С. В. Позябин, В. В. Степанишин, Г. В. Кондратов, А. М. Жариков. - М: МГАВМиБ им. К.И. Скрябина, 2023. - 61 с.
9. Bellows J. Feline Dentistry / J. Bellows - 2nd Ed - Wile Publishing Ltd, 2022. – 840 p.
10. Brooke A. Nemec. A Colour Handbook of Small Animal Dental and Maxillofacial Disease / Brooke A. Nemec - Manson Publishing Ltd, 2010. – 274 p.
11. Lombardero M. The Cat Mandible: Anatomical Basis to Avoid Iatrogenic Damage in Veterinary Clinical Practice / M. Lombardero, D. Alonso-Peñarando, M. del Mar Yllera // Animals. – 2021. - №. 11. – 405. doi.org/10.3390/ani11020405
12. Eickhoff M. Atlas of Dentistry in Cats and Dogs / M. Eickhoff - Thieme, 2020 - 468 p.
13. Лицевой череп бобра речного (Castor fiber) / Д. С. Былинская, М. В. Щипакин, А. В. Прусаков [и др.] // Иппология и ветеринария. – 2015. – № 3(17). – С. 30-34.
14. Клиническое значение топографии внечерепной части лицевого нерва у собак / М. В. Щипакин, А. В. Прусаков, С. В. Вирунен, Д. С. Былинская // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2015. – № 3(27). – С. 3-6.

REFERENCES

1. Veterinary Dentistry / N.A. Slesarenko, A.V. Krasnikov, V.A. Ivantsov [et al.]. - 2nd

ed., ster. - St. Petersburg: Lan, 2023. - 132 p.
2. Ivantsov V.A. Anatomo-topographical characterization of the canal-forming foramen of the mandible in domestic animals / V.A. Ivantsov, D.D. Korableva // Veterinary morphology and pathology. - 2023. -№ 2. - P. 51-57.
3. Ivantsov V.A. Anatomo-topographical substantiation of mandibular anesthesia in animals of different taxonomic groups / V.A. Ivantsov, D.D. Korableva // Veterinary medicine, zootechnics and biotechnology. - 2023. - № 11. - P. 6-12.
4. Ivantsov V.A. Comparative morphometric characteristic of the subglabellar canal of the dog and domestic cat / V.A. Ivantsov, S.G. Kumirov, T.N. Petrova // Morphology in the XXI century: theory, methodology, practice: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Moscow, April 24 -26, 2024. - Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "K. I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA", 2024. – P. 116-118.
5. Ivantsov V.A. Skeletotopic features of the chin aperture in animals / V.A. Ivantsov, D.D. Korableva, A.A. Skvortsova // International Veterinary Gazette. - 2024. - № 1. - P. 230-235.
6. Leglay E.D. Comparative characterization of the dental apparatus of Eurasian lynx and cat / E.D. Leglay, D.S. Bylinskaya // Youth Science 2024: technology innovation: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, young scientists, postgraduates and students, dedicated to the Decade of Science and Technology in the Russian Federation. In 4 parts, Perm, April 08-12, 2024. - Perm: IPC Prokrost, 2024. - P. 60 -62.
7. Slesarenko N.A. Topographo-anatomical justification of mandibular anesthesia in representatives of the family Canidae / N.A. Slesarenko, V.A. Ivantsov // Hippology and Veterinary Medicine. - 2020. - № 2 (36). - P. 190-195.
8. Statistical data processing in scientific research: textbook / S.V. Pozyabin, V.V. Stepanishin, G.V. Kondratov, A.M. Zharikov. - Moscow: K.I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine, 2023. - 61 p.
9. Bellows J. Feline Dentistry, 2nd Ed / J. Bellows – Wile Publishing Ltd, 2022. – 840 p.
10. Brooke A. Nemec. A Colour Handbook of Small Animal Dental and Maxillofacial Disease / Brooke A. Nemec - Manson Publishing Ltd, 2010. – 274 p.
11. Lombardero M. The Cat Mandible: Anatomical Basis to Avoid Iatrogenic Damage in Veterinary Clinical Practice / M. Lombardero, D. Alonso-Peñarando, M. del Mar Yllera // Animals. – 2021. - №. 11. – 405. doi.org/10.3390/ani11020405
12. Eickhoff M. Atlas of Dentistry in Cats and Dogs / M. Eickhoff - Thieme, 2020 - 468 p.
13. The facial skull of a river beaver (Castor fiber) / D. S. Bylinskaya, M. V. Shchipakin, A.V. Prusakov [et al.] // Hippology and veterinary medicine. – 2015. – № 3 (17). – Pp. 30-34.
14. The clinical significance of the topography of the extracranial part of the facial nerve in dogs / M. V. Shchipakin, A.V. Prusakov, S. V. Virunen, D. S. Bylinskaya // Topical issues of veterinary biology. – 2015. – № 3(27). – Pp. 3-6.

УДК: 619.616.7:636.2:334.716
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.492

ОСОБЕННОСТИ БОЛЕЗНЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ У РЕМОНТНЫХ ТЁЛОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ТИПА

Симонов Ю.И.[1*] – канд. ветеринар. наук, зав. каф. терапии, хирургии, ветакушерства и фармакологии (ORCID 0000-0002-1769-1018); **Симонова Л.Н.**[1] – канд. ветеринар. наук, доц. каф. терапии, хирургии, ветакушерства и фармакологии (ORCID 0000-0002-1331-5891); **Черненок В.В.**[1] – канд. ветеринар. наук, зав. каф. эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветсанэкспертизы (ORCID 0000-0002-3666-0831); **Черненок Ю.Н.**[1] – канд. биол. наук, доц. каф. нормальной и патологической морфологии и физиологии животных (ORCID 0000-0001-7266-4058); **Семенов Б.С.**[2] – д-р ветеринар. наук, проф. каф. общей, частной и оперативной хирургии (ORCID 0000-0003-0149-9360).

[1] ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»;
[2] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

* y.i.simon.1965@yandex.ru

Ключевые слова: *ремонтные тёлки, ортопедические болезни, травматизм, промышленное животноводство.*

Key words: *replacement heifers, orthopedic diseases, injuries, industrial animal husbandry.*

Поступила: 06.09.2024 **Принята к публикации: 20.09.2024**
Опубликована онлайн: 01.10.2024



РЕФЕРАТ

В работе представлены результаты мониторинговых исследований ортопедических болезней, проведенных в 2023 году на двух современных высокотехнологичных предприятиях с аналогичными условиями содержания ремонтных тёлок ООО «Калужская нива» РМ «Кольцово» и ООО «Охотно» Брянской области. Изучена распространённость и структура ортопедических болезней у разных возрастных групп тёлок, проанализированы этиологические факторы болезней, причины выбраковки, даны рекомендации по снижению травматизма молодняка крупного рогатого скота. В обследованных предприятиях болезни конечностей у ремонтных тёлок в среднем составляют 14,5%, при этом анализ распространения ортопедических патологий показал сходство структуры поражений в обоих хозяйствах. Для каждой возрастной группы тёлок характерен определенный перечень болезней конечностей. Наиболее распространенными болезнями конечностей являются бурситы и артриты в области запястных и заплюсневых суставов, которые в среднем составили 12,5% и 2,2%, соответственно. Основным этиологическим фактором болезней конечностей у ремонтных тёлок на предприятия является травматизм. Транспортировка телят,

перевод их в просторные групповые секции и связанная с этим двигательная активность, скользкие полы и выступающие части перекрытий приводят к падениям, ударам и появлению ран, ссадин, ушибов, асептических артритов. Большая часть ортопедических заболеваний имеет характер воспалительного процесса или осложняется им. Процент выбраковки ремонтных тёлок по причине экономической нецелесообразности лечения и непригодности перевода их в основное стадо составил на предприятии ООО «Калужская нива» 0,48% и предприятии ООО «Охотно» 0,6%.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Основной задачей сельскохозяйственной отрасли является производство продуктов животноводства в количестве, достаточном для обеспечения потребностей всего населения страны.

В решении этой задачи важную роль играют промышленные технологии производства продуктов животноводства, однако в условиях интенсификации и специализации производства происходит увеличение концентрации поголовья, в связи с чем возрастает количество хирургических болезней [1-4, 9].

Основной отраслью животноводства является скотоводство. Трудности реализации этого направления связаны с длительным технологическим циклом, включающим сложный цикл воспроизводства, выращивание ремонтного молодняка и поддержание высокого уровня продуктивности коров с сохранением их здоровья.

Практикующие специалисты в области животноводства и ученые, занимающиеся вопросами сохранности молодняка, отмечают, что желудочно-кишечные и респираторные заболевания являются главной причиной выбытия молодняка. В тоже время травматизм ремонтного молодняка, влияя в меньшей степени на их сохранность, оказывает определяющее влияние на здоровье конечностей и, как следствие, эксплуатационную продолжительность жизни коров [1, 9, 10].

Болезни дистальных отделов конечностей у коров в условиях современного промышленного производства являются актуальной проблемой, так как среднесуточный удой у ортопедически больных коров снижается до 42% и приводит к дополнительным затратам на лечебные мероприятия, а в конечном счете – к снижению экономической эффективности отрасли в целом [1, 5-7]. Молодняк крупного рогатого скота с патологиями конечностей отстаёт в росте, происходит снижение упитанности. Многие исследователи отмечают прогрессирование суставных заболеваний на животноводческих предприятиях, особенно, если для животного созданы недостаточно благоприятные условия. Некоторые болезни конечностей носят врожденный характер, но чаще речь идет о приобретенных патологиях. При некоторых травмах и заболеваниях конечностей животные испытывают трудности при передвижении, что может привести к выбраковке, а, следовательно, снижению экономических показателей [1, 2, 8].

Успешное развитие и прибыль российских производителей молока и мяса в сегодняшних экономических и мировых реалиях в первую очередь зависят от возможностей получить хорошо развитый крепкий и здоровый ремонтный молодняк, способный длительное время давать продукцию в условиях промышленных комплексов и ферм.

В связи с изложенным выше цель наших исследований проанализировать особенности болезней конечностей у ремонтных тёлок на двух современных специализированных высокотехнологичных животноводческих предприятиях с аналогичными условиями содержания.

Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие задачи: 1 – изучить структуру и распространенность болезней конечностей у ремонтных тёлок в зависимости от возраста; 2 – определить этиологические факторы возникновения болезней конечностей у ремонтных тёлок на специализированных предприятиях; 3 – определить процент выбраковки ремонтных тёлок по причине ортопедических болезней; 4 – разработать рекомендации по профилактике ортопе-

дических заболеваний ремонтных тёлок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводились в 2023 году в ООО «Калужская нива» на ферме ремонтного молодняка «Кольцово» Калужской области (РМ «Кольцово») и ООО «Охотно» Брянской области (ООО «Охотно»). Объектом исследования являлись ремонтные тёлки черно-пестрой голштинизированой породы пяти возрастных групп. Обследованию подвергались тёлочки с однодневного возраста и старше, включая нетелей, всего в количестве 7725 голов. Формирование возрастных групп в данных хозяйствах осуществляли по схеме, указанной в табл. 1.

Для изучения структуры болезней конечностей у тёлок и их распространенности у разных возрастов проводили наблюдение за обследуемыми животными при их передвижении, приеме корма, во время отдыха, а также при проведении плановых и внеплановых ветеринарных обработок. Определяли подвижность животных, оценивали постановку конечностей, форму и симметричность копытец и суставов, состояние кожи, подкожной клетчатки и шерстного покрова. У животных с хромотой, имеющих видимые отклонения в конфигурации конечностей и их функции, дополнительно обследовали зоны поражения, устанавливали диагноз, проводили лечение, полученные данные вносили в электронные карты животных. При исследовании зон поражения определяли характер патологического процесса и вероятные причины его возникновения.

С целью определения распространенности и характера патологий конечностей проводился анализ программы Pocket Cow Card (PCC) с учетом возраста. В программе PCC заполняется электронная карта животного, в которой отражены данные по обработкам и выявленным патологиям, а также иная дополнительная информация. Для изучения проводимых мероприятий по сдерживанию распространения контактных болезней копытец и укрепления копытцевого рога у ремонтного молодняка анализировали журнал ортопедических обработок. Полученная информация о состоянии конечностей ремонтных тёлок представлена в таблицах 2,3 и подвергнута сравнению, анализу и обобщению.

Таблица 1 – Обследованные группы ремонтного молодняка КРС

№ пп	№ возрастной группы	Возраст жив-х в группах	Количество жив-х в секциях (гол)	Количество обследованных жив-х (гол)	
				РМ «Кольцово»	ООО «Охотно»
1	I	0-2 мес	1	718	122
2	II	2-6 мес	28	1564	200
3	III	6-12 мес	48	2204	251
4	IV	12 мес+	170	543	442
5	V	Нетели	170	1220	461
6	всего			6249	1476

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

РМ «Кольцово» является специализированным отдельно расположенным предприятием по выращиванию ремонтных тёлок от однодневного возраста до нетелей включительно. На предприятие новорожденные телята поступают в специальном автотранспорте из соседних молочных комплексов ООО «Калужская нива». Их размещают в индивидуальных домиках с загоном размером 3м^2, расположенных на открытых площадках, в ко-

торых телята содержатся два месяца.

ООО «Охотно» является предприятием замкнутого цикла. Телята из родильного отделения перевозятся на специальных тележках в типовые помещения ангарного типа, оборудованные отдельными, индивидуальными, не касающимися друг друга загонами площадью около 3 м^2.

В обоих предприятиях клетки для телят первой возрастной группы оснащены ведром с сосковой поилкой для выпаивания молозива или молока, а также вёдрами для воды и сухих кормов, подстилочным материалом в клетках служит слой соломы толщиной около 20-30 см (в утрамбованном состоянии).

При обследовании конечностей тёлочек первой возрастной группы отмечено, что ушибы и ссадины в области суставов характерны для животных РМ «Кольцово» (табл. 2). Размеры ссадин и ушибов варьировали от 1 до 9 см^2, локализовались в области путовых, заплюсневых и запястных суставов. Ссадины и ушибы обнаруживали у телят после размещения их в клетках. Ссадины с сухой поверхностью обработке не подвергались, влажные и загрязненные лечили антисептиками и спреем «Террамицин». Причиной появления ссадин и ушибов у телят являлось травмирование их во время погрузки, разгрузки и транспортировки автотранспортом. У телят ООО «Охотно» ссадины и ушибы в этой возрастной группе не выявлялись, так как перемещение новорожденных по территории предприятия осуществлялось в специализированных тележках (табл. 3).

Таблица 2 – Структура ортопедических болезней ремонтных тёлок в РМ «Кольцово»

Патологии конечностей	I группа (n=718)		II группа (n=1564)		III группа (n=2204)		IV группа (n=543)		V группа (n=1220)		Выбраковано с поражениями конечностей	
	гол	%	гол	%	гол	%	гол	%	гол	%	всего, гол	% от заболевших
Контрактура*	9	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	22,2
Ссадины и ушибы	5	0,7	39	2,5	242	10,9	-	-	-	-	5	1,7
Артриты	-	-	36	2,3	46	2,0	12	2,2	24	2,0	6	5,1
Раны и язвы	-	-	5	0,3	9	0,4	5	0,9	15	1,2	3	8,8
Пододерматиты	-	-	-	-	2	0,1	4	0,7	9	1,1	2	13,3
Бурситы	-	-	-	-	226	10,2	69	12,7	159	13,0	10	2,2
Переломы	-	-	-	-	-	-	2	0,4	-	-	2	100
Всего	14	1,9	80	5,1	525	23,8	92	16,9	207	17,3	30	0,48**

n – количество обследованных животных;
**- контрактура путовых суставов грудных конечностей;*
***- процент от обследованных.*

Контрактуры встречаются у новорожденных телят на путовых суставах передних конечностей. Данная патология, относящаяся к врожденным аномалиям костно-суставных структур, регистрировалась на обоих предприятиях на уровне 1% (табл. 2, 3). Лечение контрактур осуществлялось путем втирания в кожу раз-

дражающих мазей с плантарной поверхности (от локтевого до путового суставов) с одновременным массажем, разминанием и растяжением мышц и сухожилий сгибателей. После этого, конечность выпрямляли в путовом суставе принудительно до физиологичного положения. В тех случаях, если манипуляции не приводили к стойкому положительному результату, конечность фиксировали гипсовой повязкой в функционально-физиологичном положении. Гипс снимали через тридцать дней.

Таблица 3 – Структура ортопедических болезней ремонтных тёлок в ООО «Охотно»

	I группа (n=122)		II группа (n=200)		III группа (n=251)		IV группа (n=442)		V группа (n=461)		Выбраковано с поражениями конечностей	
	гол	%	гол	%	гол	%	гол	%	гол	%	всего, гол	% от заболевших
Контрактура*	1	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ссадины и ушибы	-	-	5	2,5	25	10	-	-	-	-	1	3,3
Артриты	-	-	4	2,0	5	1,9	9	2	9	1,9	2	7,4
Раны и язвы	-	-	1	0,5	1	0,4	3	0,7	4	0,9	1	11,1
Пододерматиты	-	-	-	-	-	-	2	0,5	5	1,1	1	14,3
Бурситы	-	-	-	-	28	11,1	52	11.7	58	12,6	3	2,2
Переломы	-	-	-	-	-	-	1	0,2	-	-	1	100
Всего	1	0,8	10	5	52	23,5	67	15,1	76	16,4	9	0,6**

n – количество обследованных животных;
**- контрактура путовых суставов грудных конечностей;*
***- процент от обследованных.*

Телята второй возрастной группы на обоих предприятиях содержатся в секциях по 28 голов. На РМ «Кольцово» животных содержат под навесами, защищающими от ветра и осадков. В ООО «Охотно» телята размещаются в помещениях ангарного типа. Подстилочным материалом служит регулярно пополняемая солома. Асептические артриты путовых, заплюсневых и запястных суставов в ООО «Охотно» были диагностированы у 2% обследованных телят, ещё у 2,5% животных выявлялись ссадины и ушибы в зоне этих же суставов (табл. 3). На РМ «Кольцово» указанные заболевания были выявлены соответственно у 2,3 и 2,5 % имеющихся телят (табл. 2). Основной причиной возникновения данных заболеваний является травмирование области суставов о металлические конструкции секций. Как правило, это происходило в первые дни после перевода телят из маленьких клеток в просторные секции, когда телята резвятся или пугаются во время проведения ветеринарных манипуляций. В этой возрастной группе раны и язвы выявлены на обоих предприятиях в среднем у 0,4% телят. Причиной патологии являлось травмиро-

вание о выступы ограждений в местах крепления к полу.

Телята третьей возрастной группы (6-12 месяцев) на обоих предприятиях содержались в помещениях ангарного типа в секциях по 48 голов. Наиболее распространенными патологиями конечностей этой группы на обоих предприятиях являются бурситы, регистрируемые в среднем у 11,6 % обследуемых животных, ссадины с ушибами – у 10,4%, раны и язвы на передних и задних конечностях – у 0,4%, артриты заплюсневых и запястных суставов – у 2% животных от всего поголовья в этих группах (табл. 2,3). На РМ «Кольцово» у животных третьей возрастной группы отмечены первые случаи пододерматитов в количестве у 2 голов, что составляет 0,1% от всего поголовья (табл. 2).

Основной причиной возникновения бурситов и артритов в этой возрастной группе являлся резко возросший травматизм после перевода телят из относительно тесных секций в просторные. Тёлки проявляли активность, бегая по секции, не успевая останавливаться перед препятствиями и ограждениями, скользят, падают и получают травмы. Раны различной степени тяжести являлись следствием открытых повреждений об ограждения и неровности полов.

При появлении случаев пододерматита для купирования процесса и профилактики распространения передающихся поражений копытец на предприятиях организовывались еженедельные прогоны тёлок через ножные ванны с 5% раствором медного купороса.

Ремонтные тёлки старше года и нетели до 2-х месяцев стельности (четвертая возрастная группа) содержатся в ангарах по секциям для 170 голов с подстилкой из древесных опилок. При обследовании конечностей у животных этой группы выяснили, что наиболее распространенными ортопедическими болезнями являлись бурситы с локализацией в области заплюсневых суставов. На РМ «Кольцово» было выявлено 12,7 % животных с данным заболеванием, в ООО «Охотно» – 11,7% (табл. 2, 3). Также на обоих предприятиях в этой возрастной группе были диагностированы артриты у 2,1% животных, раны и язвы – у 0,8% (табл. 2, 3).

В ООО «Охотно» выявлены первые случаи пододерматита (0,5%), в то время как на РМ «Кольцово» процент животных с этой патологией возрос с 0,1% в III возрастной группе до 0,7 % в IV (табл. 2,3).

В этой возрастной группе зарегистрировано два случая переломов костей конечностей на РМ «Кольцово» и один случай в ООО «Охотно» (табл. 2, 3). Вероятной причиной переломов стало падение нетелей при попытке перепрыгнуть через ограждения. Количество ран и язв у животных этой возрастной группы увеличилось в обоих хозяйствах почти в два раза по сравнению с тёлками третьей возрастной группой.

Животные пятой возрастной группы (нетели до 7-ми месяцев стельности) также содержатся в ангарах в секциях по 170 голов с подстилкой из древесных опилок.

У нетелей, принадлежащих РМ «Кольцово», отмечалась тенденция к увеличению больных с бурситами запястных и заплюсневых суставов на 0,3 % по сравнению с предыдущим периодом, процент животных с пододерматитами увеличился на 0,4 %, а количество ран и язв возросло до 1,2 % от всего поголовья (табл. 2). Количество артритов наоборот снизилось на 0,2 % (табл. 2). У нетелей ООО «Охотно» наблюдалась аналогичная картина заболеваемости. Количество больных с бурситами, пододерматитами и ранами возросло, по сравнению с предыдущим периодом, на 0,9; 0,6 и 0,2% соответственно, а количество артритов снизилось на 0,1 % (табл. 3).

У тёлок с 2 до 12-месячного возраста бурситы характеризовались асептическим течением и незначительными размерами, в то время как у нетелей обнаруживались фибринозные и гнойные формы, которые неизбежно приводили к хромоте, малоподвижности и, как следствие, к уменьшению продуктивности и преждевременной выбраковке.

При выявлении ортопедических больных среди ремонтных тёлок устанавливали диагноз и проводили лечение. В тех случаях, если лечение оказывалось не эффективным или экономически не целесообразным, животных подвергали выбраковке. За 2023 год выбраковка животных из-за различных болезней конечностей составила в РМ «Кольцово» 4,8 % от количества ортопедических больных или 0,5 % от всего обследуемого поголовья, в ООО «Охотно» соответственно 4,2 и 0,6 % (табл. 2, 3).

Проведенное исследование показало, что уровень ортопедической патологии у ремонтных тёлок на двух обследованных предприятиях с аналогичными условиями содержания сопоставим и составил в среднем 14,5 %. Анализируя возрастную структуру, мы отмечаем, что каждая возрастная группа животных характеризуется определенным перечнем ортопедических болезней и в изучаемых хозяйствах состав болезней в возрастном аспекте аналогичный. Основным этиологическим фактором болезней конечностей на обоих предприятиях является травматизм животных, что согласуется с данными многих авторов (Елисеев А.Н., Коломийцев С.М., Дугин А.В. -2000), которые считают, что наиболее частой причиной болезней конечностей у животных является экзогенный травматизм, осложненный полиинфекцией. Большая часть ортопедических болезней ремонтного молодняка имеет характер воспалительного процесса или осложняется им.

Для снижения травматизма ремонтных тёлок считаем целесообразным: для животных в группах (II и III), в которых в качестве подстилочного материала применяется солома, увеличить слой подстилки и поддерживать равномерность ее распределения; в группах (IV и V), в которых в качестве подстилки применяются древесные опилки, следить за его толщиной в зонах отдыха, исключать возможность контакта кожи с бетонным полом в моменты, когда животные ложатся или встают. Своевременное проведение противоскользящей подготовки бетонного напольного покрытия в секциях будет снижать вероятность скольжения и падения животных, уменьшать заболеваемость бурситами и артритами. Использование современных эффективных растворов для ножных ванн и регулярность обработок, положительно повлияет на сдерживание роста заболеваемости пододерматитами. Необходимо контролировать состояние конструкций ограждений и их крепления между собой и к полу, не допуская наличие выступающих частей крепежа.

Периодическое проведение наблюдений за ремонтными тёлками и телятами для своевременного выявления ортопедических больных, определение причин возникновения патологий и устранение их будет способствовать эффективному лечению и профилактике ортопедических патологий.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Разным возрастным группам ремонтных тёлок характерен определенный перечень ортопедических заболеваний.

При промышленном способе содержания ремонтных тёлок в III возрастной группе (возраст 6-12 месяцев) болезни в области конечностей обнаруживаются более чем у 23% обследованных животных, при этом бурситы, ссадины и ушибы выявляются чаще других поражений. В IV (возраст 12 месяцев и старше) и в V (нетели) возрастных группах болезни в области конечностей обнаруживаются у 15-17% обследованных животных, наиболее распространенным поражением являются бурситы. Главной причиной возникновения выявленных болезней в области конечностей у ремонтных тёлок, выращиваемых на современных высокотехнологичных специализированных животноводческих предприятиях, является травматизм. Для II и III возрастных групп тёлок профилактикой выявляемых болезней будет являться регулярная противоскользящая подготовка бетонных полов и равномерность распределения подстилочного материала. В IV и V возрастных группах увеличение слоя и регулярное пополнение сыпучих подстилочных материалов

в зонах отдыха будет способствовать снижению заболеваемостью бурситами и артритами, а корректировка применяемых растворов в ножных ваннах с учетом сложившихся условий и оптимальная периодичность обработок, положительно повлияет на сдерживание роста заболеваемости пододерматитами.

FEATURES OF LIMBS DISEASES IN REPLACEMENT HEIFERS AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

Simonov Yu.I.[1]*– Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Department of Therapy, Surgery, Veterinary Obstetrics and Pharmacology (ORCID 0000-0002-1769-1018); **Simonova L.N.**[1] – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Therapy, Surgery, Veterinary Obstetrics and Pharmacology (ORCID 0000-0002-1331-5891); **Chernenok V.V.**[1] – Candidate of Veterinary Sciences, head of the department of epizootology, microbiology, parasitology and veterinary sanitary inspection (ORCID 0000-0002-3666-0831); **Chernenok Yu.N.**[1] – Candidate of biological Sciences, associate professor of the department of normal and pathological morphology and physiology of animals (ORCID 0000-0001-7266-4058); **Semenov B.S.**[2] – doctor veterinary sciences, professor of the department of general, special and operative surgery (ORCID 0000-0003-0149-9360).

[1] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bryansk State Agrarian University;

[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine.

* y.i.simon.1965@yandex.ru

ABSTRACT

The paper presents the results of monitoring studies of orthopedic diseases conducted in 2023 at two modern high-tech enterprises with similar conditions for keeping replacement heifers: OOO «Kaluzhskaya Niva», RM «Koltsovo», and OOO «Okhotno», Bryansk Region. The prevalence and structure of orthopedic diseases in different age groups of heifers were studied, the etiological factors of diseases, reasons for culling were analyzed, and recommendations were given to reduce injuries to young cattle. In the surveyed enterprises, limb diseases in replacement heifers average 14.5%, while the analysis of the prevalence of orthopedic pathologies showed a similarity in the structure of lesions in both farms. Each age group of heifers is characterized by a certain list of limb diseases. The most common diseases of the extremities are bursitis and arthritis in the carpal and tarsal joints, which averaged 12.5% and 2.2%, respectively. The main etiological factor of extremity diseases in replacement heifers at the enterprise is trauma. Transportation of calves, their transfer to spacious group sections and the associated motor activity, slippery floors and protruding parts of ceilings lead to falls, blows and the appearance of wounds, abrasions, bruises, aseptic arthritis. Most orthopedic diseases have an inflammatory nature or are complicated by it. The percentage of culling of replacement heifers due to the economic inexpediency of treatment and unsuitability for transferring them to the main herd was 0.48% at the enterprise OOO «Kaluzhskaya Niva» and 0.6% at the enterprise OOO «Okhotno».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Структура болезней конечностей у коров в промышленных комплексах, их этиология и лечение / Семенов Б.С., Виденин В.Н., Батраков А.Я., Баженова Н.Б., Кузнецова Т.Ш., Гусева В.А. // Международный вестник ветеринарии, № 2, 2018. С. 122-129.

2. Симонов Ю.И., Симонова Л.Н., Малявко И.В. Условия содержания как этиологический фактор возникновения болезней у молочных коров при промышленном содержании // Зоотехния. 2021. № 4. С. 23-27. – DOI: 10.25708/ZT.2021.31.46.007

3. Ковалев И.А., Журба В.А. Результаты мониторинговых исследований заболеваний в области пальцев у коров // Международный вестник ветеринарии. № 4.

2020 С. 191-194.
4. Ненашев И.В., Марьин Е.М., Марьина О.Н. Ортопедическая заболеваемость голштинизированных коров в условиях беспривязного содержания // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4 (44). С. 190-194. – DOI: 10.18286/1816-4501-2018-4-190-194
5. Марьин Е.М., Ермолаев В.А., Киреев А.В. Распространённость ортопедических патологий у коров и лечение гнойных пододерматитов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2 (38). С. 135-142. – DOI: 10.18286/1816-4501-2017-2-135-142
6. Лопатин С.В., Самоловов А.А. Эффективность оздоровительных мероприятий при болезнях копытец крупного рогатого скота // Ветеринария. 2015. № 9. С. 23-27.
7. Туников Г.М., Рудная А.В., Кузнецова И.А. Определение эффективных средств лечения и профилактики заболеваний копытец крупного рогатого скота для увеличения продуктивного долголетия // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2018. № 2 (38). С. 149-154.
8. Сайтханов Э.О., Беседин Д.С., Рудная А.В. Изучение частоты регистрации и характера патологии копытец в животноводческом хозяйстве с беспривязным содержанием // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2018. № 3 (39). С. 62-67.
9. Сидорчук А.А., Белкина Ю.С. Патология копытец крупного рогатого скота: причины и предрасполагающие факторы // Ветеринария. 2022. № 3. С. 28-33. – DOI: 10.30896/0042-4846.2022.25.3.28-34
10. Оценка степени хромоты у коров / Концевая С.Ю., Нефедов А.М., Луцай В.И., Лавров С.И., Пекуровский Д.А. // Аграрная наука. 2021. № 11-12. С. 43-45. – DOI: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-43-45

REFERENCES

1. The structure of limb diseases in cows in industrial complexes, their etiology and treatment / Semenov B.S., Videnin V.N., Batrakov A.Ya., Bazhenova N.B., Kuznetsova T.Sh., Guseva V.A. // International Bulletin of Veterinary Science, No. 2, 2018. Pp. 122-129.
2. Simonov Yu.I., Simonova L.N., Malyavko I.V. Housing conditions as an etiological factor in the occurrence of diseases in dairy cows under industrial maintenance // Zootechnics. 2021. No. 4. Pp. 23-27.
3. Kovalev I.A., Zhurba V.A. Results of monitoring studies of diseases in the digital area of cows // International Veterinary Bulletin. No. 4. 2020. P. 191-194.
4. Nenashev I.V., Maryin E.M., Maryina O.N. Orthopedic morbidity of Holsteinized cows in loose housing conditions // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2018. No. 4 (44). P. 190-194.
5. Maryin E.M., Ermolaev V.A., Kireev A.V. Prevalence of orthopedic pathologies in cows and treatment of purulent pododermatitis // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2017. No. 2 (38). P. 135-142.
6. Lopatin S.V., Samolovov A.A. Efficiency of health measures for cattle hoof diseases // Veterinary science. 2015. No. 9. P. 23-27.
7. Tunikov G.M., Rudnaya A.V., Kuznetsova I.A. Determination of effective treatment and prevention methods for cattle hoof diseases to increase productive longevity // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2018. No. 2 (38). P. 149-154.
8. Saytkhanov E.O., Besedin D.S., Rudnaya A.V. Study of the frequency of registration and nature of hoof pathology in a livestock farm with loose housing // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2018. No. 3 (39). P. 62-67.
9. Sidorchuk A.A., Belkina Yu.S. Pathology of cattle hooves: causes and predisposing factors // Veterinary science. 2022. No. 3. P. 28-33.
10. Assessment of the degree of lameness in cows / Kontsevaya S.Yu., Nefedov A.M., Lutsai V.I., Lavrov S.I., Pekurovsky D.A. // Agrarian science. 2021. No. 11-12. P. 43-45.



Редакция журнала
«Международный вестник ветеринарии»
196084, Санкт-Петербург, Черниговская 5,
СПбГУВМ.
Телефон/факс (812) 387-11-58
Mail to: farm_vestnik@mail.ru