

УДК: 636.1:617.3

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.2.362

СОЧЕТАННЫЕ ПАТОЛОГИИ ДИСТАЛЬНОГО ОТДЕЛА КОНЕЧНОСТЕЙ У КОРОВ МОЛОЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ

Позябин С.В. – д-р ветеринар. наук, проф., ректор, зав. каф. ветеринарной хирургии (ORCID 0000-0002-3825-6082); **Борхунова Е.Н.** * – д-р биол. наук, доц., зав. кафедрой анатомии и гистологии им. проф. А.Ф. Климова (ORCID 0000-0003-2355-8616); **Белогуров В.В.** – канд. ветеринар. наук, доц. каф. ветеринарной хирургии (ORCID 0000-0003-0204-3808); **Качалин М.Д.** – канд. ветеринар. наук, доц. каф. ветеринарной хирургии (ORCID 0000-0001-5942-8771); **Азарнова Т.О.** – д-р биол. наук, проф. кафедры химии им. проф. С.И. Афонского и А.Г. Малахова (ORCID 0000-0001-8760-7603); **Кузнецова М.А.** – асс. каф. анатомии и гистологии животных им. проф. А.Ф. Климова (ORCID 0000-0002-2031-12907); **Ляковский И.Д.** – асс. каф. ветеринарной хирургии (ORCID 0009-0000-5299-4172); **Гасангусейнова Э.К.** – канд. биол. наук, доц. каф. анатомии и гистологии животных им. проф. А.Ф. Климова (ORCID 0000-0002-2868-1261).

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

* borhunova@mail.ru

Ключевые слова: крупный рогатый скот, артроз, копытца, дискератоз, паракератоз, суставной хрящ.

Key words: cattle, arthrosis, hooves, dyskeratosis, parakeratosis, articular cartilage.

Финансирование. Исследования проведены в рамках выполнения исследований по гранту Российского научного фонда №23-16-00023 «Метаболические и морфофункциональные взаимосвязи при ортопедических патологиях у высокопродуктивного крупного рогатого скота как научная основа разработки методов их коррекции и профилактики».

Поступила: 14.05.2024

Принята к публикации: 10.06.2024

Опубликована онлайн: 28.06.2024



РЕФЕРАТ

Патологии дистального отдела конечностей у коров молочного направления продуктивности являются широко распространенной группой заболеваний, приводящей к значительному снижению продуктивности животных. Они возникают на фоне ограничения двигательной активности животных, нарушении рационов кормления, правил ухода за копытцами и зоогигиенических норм при содержании. Структуры дистального отдела конечностей объединены в функциональный комплекс взаимосвязанных структур (суставы, сухожилия, пальцевый орган). При деструктивных изменениях одной из структур остальные также оказываются вовлечены в патологический процесс, что приводит к переходу патологии этой области в хроническое течение.

Однако до сих пор не существовало морфологического подтверждения данной концепции. В этой связи цель работы – изучить макро- и микроструктуру органов дистального отдела конечностей у коров молочного направления продуктивности, находящихся в условиях интенсивного животноводства. На основании методов анатомического препарирования и световой микроскопии изучен аутопсийный материал (50 образцов дистального отдела грудных и тазовых конечностей коров молочного направления продуктивности черно-пестрой голштинизированной породы). Исследования проведены по общепринятым методикам. Микропрепараты изучали с помощью микроскопов Jenamed-2 и MicroScreen. Получены данные о сочетании протекающих патологиях дистального отдела конечностей у крупного рогатого скота: наряду с визуально легко диагностируемыми нарушением роста копытцевого рога и дерматитами во всех случаях наблюдали артрозы суставов фаланг пальцев, особенно выраженные в копытцевых суставах. Нарушение роста рога связано с дискератозом и паракератозом. Повреждения суставов являются необратимыми, что обусловлено глубокой деструкцией суставного хряща с частичным замещением его фиброзным хрящом и соединительной тканью. Есть основания полагать, что причиной таких структурных изменений является гипокинезия и нарушения метаболизма у животных.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Повышение экономической эффективности промышленного молочного скотоводства имеет большое значение для обеспечения продовольственной безопасности России. При этом серьезной проблемой является преждевременная выбраковка ценных в хозяйственном и племенном отношении животных: так, максимальный возраст использования коров на молочных комплексах составляет 5-6 лет, что соответствует в среднем 2-3 лактации. Это наносит огромный экономический ущерб животноводческим хозяйствам [1, 5, 6, 8, 9-11]. Одной из причин преждевременной выбраковки являются болезни конечностей у молочных коров, которые составляют 40% общего числа незаразных болезней [1-3,5]. Известно, что у коров с патологиями, в частности, дистального отдела конечностей существенно снижается молочная продуктивность. Несмотря на то, что современные технологии выращивания и содержания крупного рогатого скота почти исключают травматизм, количество больных животных не снижается. Это может быть связано с тем, что при интенсивном животноводстве на первый план выходят другие этиологические факторы, приводящие к развитию незаразных патологий дистальных отделов конечностей у коров: снижение двигательной активности, по-

вышение антропогенной нагрузки, скученность, нарушения структуры рационов и нарушения метаболизма [1, 5, 6, 9-11].

Тенденции к распространению патологии копытцев среди поголовья молочного скота в условиях интенсивного ведения животноводства требуют поиска нового подхода к изучению заболеваний дистального отдела конечностей с привлечением данных фундаментальных исследований. Структуры дистального отдела конечностей объединены в функциональный комплекс взаимосвязанных структур (суставы, сухожилия, пальцевый орган). При деструктивных изменениях одной из структур остальные также вовлекаются в патогенез, что приводит к переходу патологий в хроническое течение и глубоким структурно-функциональным нарушениям изучаемой области. Однако до сих пор не существовало морфологического подтверждения данной концепции.

В этой связи цель работы – изучить макро- и микроструктуру органов дистального отдела конечностей у коров молочного направления продуктивности, находящихся в условиях интенсивного животноводства.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проведены на кафедрах ветеринарной хирургии и анатомии и гистологии животных имени профессора

А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина. Материалом исследования служил секционный материал – дистальные отделы грудных и тазовых конечностей крупного рогатого скота (коровы черно-пестрые голштинизированные, молочного направления продуктивности, отличающиеся высокой продуктивностью, в возрасте 2-3 лет, 50 голов). В работе использован комплексный методический подход, включающий анатомическое препарирование и гистологические исследования. Анатомическое препарирование проводили как на нативных дистальных отделах конечностей, так и на распилах. Для гистологических исследований материал отбирали из разных частей копыта, а также с суставных поверхностей сочленяющихся костей, фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина и после обработки декальцинирующим раствором заливали в парафин по общепринятой методике. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином и по Ван-Гизон и изучали с помощью микроскопа Jenamed-2, совмещенного с программой анализа цифрового изображения Image Scope 4.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При изучении секционного материала во всех случаях установлено, что наряду с явными признаками нарушения роста копытцевого рога и межпальцевого дерматита имеют место глубокие деструктивные изменения, затрагивающие элементы костно-суставной системы.

При наружном осмотре дистального отдела конечности визуализировали слоистость копытцевого рога, кольцевидную деформацию рогового башмака, который был испещрен трещинами разной глубины и неодинакового размера (рис. 1).

При микроскопических исследованиях во всех частях копытец выявлены признаки дискератоза и паракератоза, которые приводили к формированию рогового слоя с неровной поверхностью. Данная микроскопическая картина соответствует макроскопическим изменениям в виде дефектов и слоистости копытцевого рога. В качестве примера на рис.1 приведена структура эпидермиса подошвенной области. В толще рогового слоя визуализируются полости и трещины, при этом наблюдается неравномерное окрашивание, что связано, по-видимому, с присут-

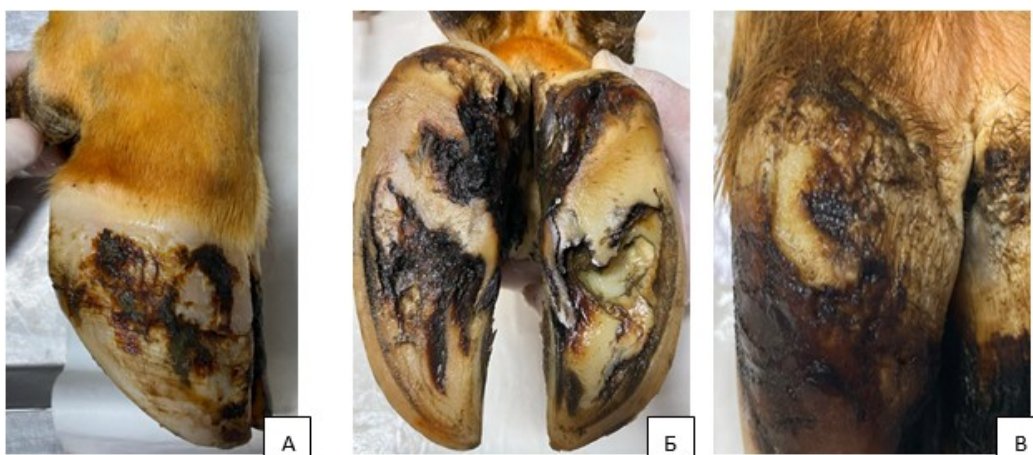


Рисунок 1 – Копытца коров молочного направления продуктивности при стойловом содержании с ограничением двигательной активности.

А – вид с латеральной поверхности: копытцевая кайма утолщена, рог стенки имеет неровную поверхность и слоистую структуру.

Б – вид с подошвенной поверхности: видны многочисленные дефекты и трещины на подошвенной поверхности и в области мякоти.

В – дефекты рогового вещества в области мякоти.

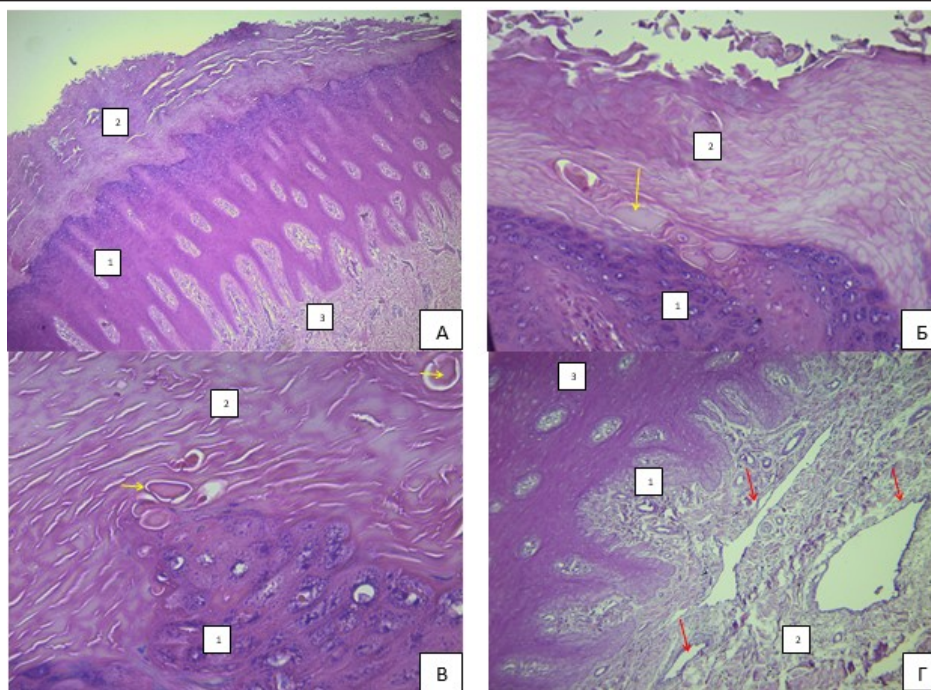


Рисунок 2 – Микроструктура тканей подушки подошвенного мякиша у трехлетней коровы.

А: 1 – эпидермис с хорошо выраженным сосочковым рисунком; 2 – роговой слой слоистый, неравномерной толщины; 3 – дерма, стрелками показаны сосочки дермы с умеренной воспалительной инфильтрацией.

Гематоксилин и эозин, x40.

Б – признаки дискератоза: зернистый слой эпидермиса (1) имеет неравномерную толщину, в роговом слое (2) отмечается неравномерное окрашивание, видны т.н. эозинофильные зерна (стрелки).

Гематоксилин и эозин, x200.

В – признаки дискератоза: клетки зернистого слоя (1) содержат немногочисленные зерна кератогиалина, межклеточные пространства заполнены эозинофильной субстанцией; в роговом слое (2) видны эозинофильные зерна (стрелка), роговые чешуи сливаются в единую массу, в которой видны многочисленные трещины. Гематоксилин и эозин, x400.

Г – Состояние основы кожи подошвы. А – отек в сосочковом (1) и сетчатом (2) слоях дермы, венозные сосуды (стрелки) расширены, их просветы пусты. 3 – эпидермис.

Гематоксилин и эозин, x100.

ствием как роговых чешуек, так и клеток и патологических отложений кератина. Роговые чешуйки могут быть крупными, объемными, они не всегда плотно соединены между собой. Неплотные контакты, очевидно, служат в дальнейшем основой для формирования трещин, которые пронизывают роговой слой во всех частях

копытца. В основе кожи при этом выявлены признаки хронического дерматита с очагами мукоидного набухания межклеточного вещества соединительной ткани и признаками хронического нарушения местного кровообращения.

Помимо этого, в суставах пальцев (путовых, венечных и копытцевых) выяв-

лены признаки артрозов, при этом наиболее выраженные деструктивные изменения наблюдали в копытцевом суставе.

При изучении состояния сочленяющихся поверхностей на дистальном конце II фаланги макроскопически выявляли структурные изменения, выраженные в разной степени: в одних случаях, наблюдали утрату суставным хрящом блеска, шероховатость поверхности, истончение суставного хряща в межмышцелковом желобе (рис. 3А), в других – тотальное истончение хрящевого покрова на мыщелках с очаговой деструкцией в межмышцелковом желобе (рис. 3Б).

При исследовании состояния III фаланги установлено, что деструктивные изменения локализуются в средней части суставной поверхности фаланги и распространяются поперек ее длинной оси. Дефект суставного хряща может быть поверхностным (рис. 4А) или глубоким (рис. 4Б), в последнем случае он распространяется вглубь и вширь, обнажая субхондральную кость.

При микроскопических исследованиях суставного хряща, покрывающего сочленяющиеся поверхности II и III фаланг выявлены сходные морфологические изменения. Так, суставной хрящ имел неровную поверхность (рис. 5А, 6А), в нем

наблюдали разволокнения, узуры (рис. 5Б). Хондробласты и хондроциты здесь были пикноморфны, что указывает на их некротические изменения. Фронт минерализации в исследованных образцах выражен слабо, что может указывать на снижение содержания минеральной фазы в зоне минерализованного хряща и нарушения биомеханических свойств суставного хряща. Субхондральная кость содержит большое количество межтрабекулярных пространств, нередко внедряющихся в зону минерализованного хряща, при этом видны признаки инвазии сосудов в зону минерализованного хряща и через фронт минерализации – в глубокую зону суставного хряща (рис. 5Б, В; 6А, В). Выявленная картина свидетельствует о нарушении трофического обеспечения суставного хряща, которые сопровождаются деструктивными изменениями. В области межмышцелкового желоба дистального конца II фаланги в случае деструктивных изменений отмечали полное разрушение суставного хряща и замещение его соединительной тканью, которая располагалась на поверхности субхондральной кости (рис. 5В). Такие же изменения регистрировали на суставной поверхности III фаланги (рис. 6Б).

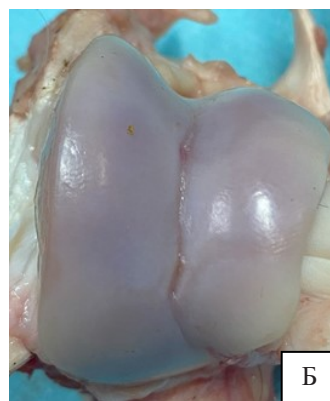


Рисунок 3 – Деструктивные изменения сочленяющейся поверхности II фаланги при артрозе копытцевого сустава у двухлетней лактирующей коровы.

А – суставной хрящ истончен, его поверхность шероховатая, в межмышцелковом желобе виден узкий поверхностный дефект хряща продольной формы.

Б – истончение суставного хряща на мыщелках, его очаговая деструкция с обнажением субхондральной кости в межмышцелковом желобе.

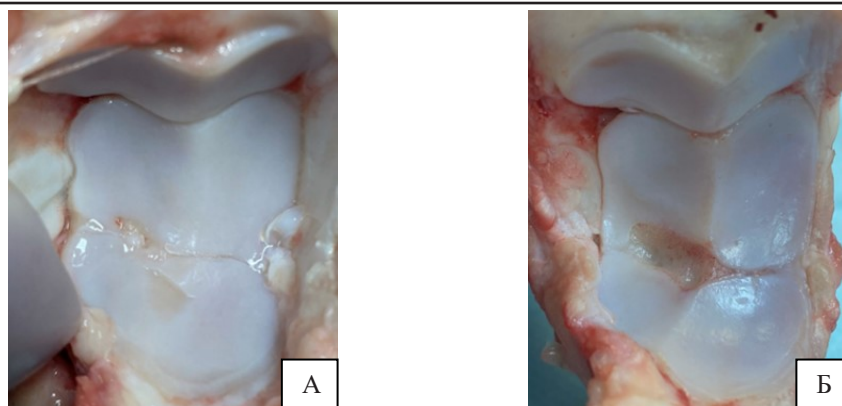


Рисунок 4 – Деструктивные изменения суставного хряща на суставной поверхности III фаланги пальца двухлетней лактирующей коровы.

А – дефект суставного хряща поверхностный, узкий, имеет поперечное расположение, распространяется по всей суставной поверхности.

Б – очаговая деструкция суставного хряща с обнажением субхондральной кости.

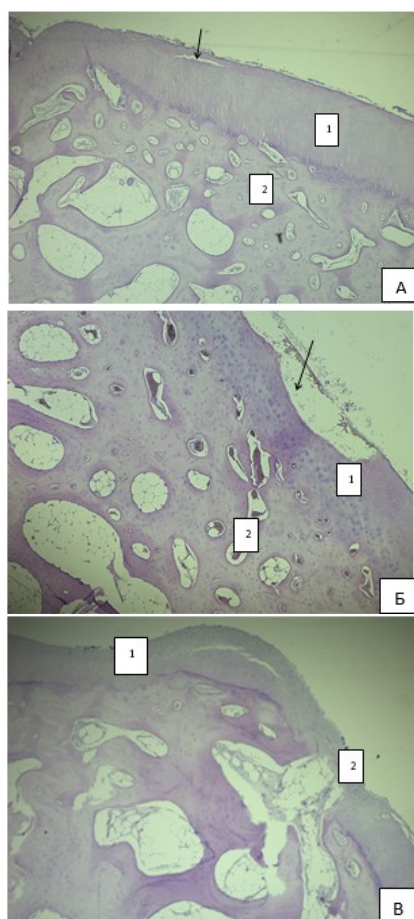


Рисунок 5 – Микроструктура суставного хряща и субхондральной кости II фаланги КРС при артрозе копытцевого сустава у трехлетней лактирующей коровы.

А – поверхность суставного хряща (1) неровная, видна кистозная полость, расположенная в поверхностной и средней зонах хряща (стрелка); 2 – субхондральная кость содержит многочисленные сосуды.

Гематоксилин и эозин, x40.

Б – очаг деструкции (стрелка) суставного хряща (1) до уровня глубокой зоны.

2 – субхондральная кость содержит многочисленные кровеносные сосуды, расположенные близко к суставному хрящу. Гематоксилин и эозин, x100.
В – очаги замещения суставного хряща фиброзным хрящом (1) и полной деструкции хрящевого покрытия с замещением соединительной тканью (2). 3 – субхондральная кость, в которой видна обширная резорбционная полость, подлежащая соединительной ткани. Гематоксилин и эозин, x40.

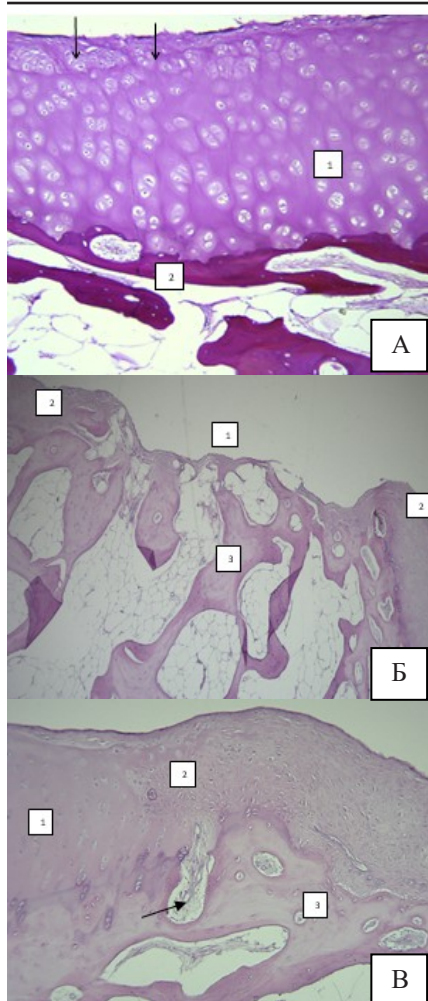


Рисунок 6 – Микроструктура суставного хряща и субхондральной кости III фаланги при артрозе копытцевого сустава у трехлетней лактирующей коровы.

А – на поверхности суставного хряща (1) видны шероховатости. В поверхностном слое хряща наблюдаются хондроидные пролифераты (компенсаторная реакция). Субхондральная кость (2) истончена, содержит широкие межтрабекулярные пространства. Ван-Гизон, $\times 40$.

Б – очаг деструкции суставного хряща замещен соединительной тканью (1), края дефекта состоят из фиброзного хряща (2), 3 – субхондральная кость имеет разреженную структуру, костные трабекулы тонкие, межтрабекулярные пространства широкие. Гематоксилин и эозин, $\times 40$.

В – край дефекта: суставной хрящ (1) на краю дефекта замещен фиброзным (2), видна инвазия сосудов (стрелка) из субхондральной кости (3) в хрящевое покрытие. Гематоксилин и эозин, $\times 100$.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, в результате проведенных исследований получены оригинальные данные, позволяющие дополнить представления о патогенезе болезней дистального отдела конечностей у крупного рогатого скота молочного направления продуктивности.

Все процессы, выявленные при макро- и микроскопических исследованиях, являются хроническими и, очевидно, развиваются в течение жизни животного в связи с особенностями содержания и кормления. На фоне ограниченной двигательной активности и концентратного типа кормления возникают нарушения метаболизма,

которые и приводят к нарушениям формирования соматических структур. При этом обращает на себя внимание сочетание поражений: так, видимые при клиническом осмотре нарушение формирования копытцевого рога и межпальцевый дерматит дополняются деструктивными изменениями суставов пальцев.

Можно полагать, что в антропогенно смоделированных условиях (пониженная динамическая активность и преобладание статических нагрузок, концентратный тип кормления, который приводит к нарушениям процессов метаболизма) происходит дезадаптация структур организма, что проявляется, в частности, в форме соче-

танного поражения весьма функционально обремененных дистальных отделов конечностей. При этом возникают функциональные перегрузки морфофункционально неполноценных структур (копытца, суставные хрящи), следствием чего являются микротравмы, травмы, нарушение регионарной гемо- и лимфодинамики, усугубляющие имеющиеся нарушения продукции рогового вещества и деформация копытца.

Важно отметить, что нарушение роста копытцевого рога в связи с дискератозом и паракератозом, а также артрозы пальцевых суставов происходят на фоне метаболических нарушений [7]. Выявленные изменения носят необратимый характер и, возможно подлежат лишь частичной коррекции при врачебном вмешательстве.

COMBINED PATHOLOGIES OF THE DISTAL EXTREMITY IN DAIRY COWS

Pozyabin S.V. – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Rector of the K.I. Scriabin Moscow State Medical University, Head of the Department of Veterinary Surgery (ORCID 0000-0002-3825-6082); **Borkhunova E.N.** * – Doctor of Biological Sciences Associate Professor, Head of the Department of Anatomy and Histology named after Prof. A.F. Klimov (ORCID 0000-0003-2355-8616); **Belogurov V.V.** – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of Veterinary Surgery (ORCID 0000-0003-0204-3808); **Kachalin M.D.** – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of Veterinary Surgery (ORCID 0000-0001-5942-8771); **Azarnova T.O.** – Doctor of Biology, Professor of the Department of Chemistry named after professors S.I. Afonsky and A.G. Malakhov (ORCID 0000-0001-8760-7603); **Kuznetsova M.A.** – ass. kaf. anatomy and histology of animals named after Prof. A.F. Klimov (ORCID 0000-0002-2031-12907); **Lyaskovsky I.D.** – ass. of the Department of Veterinary Surgery (ORCID 0009-0000-5299-4172); **Gasanguseynova E.K.** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of ass. kaf. anatomy and histology of animals named after Prof. A.F.

Klimov (ORCID 0000-0002-2868-1261).

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - K.I. Skryabin MVA

* borhunova@mail.ru

ABSTRACT

Diseases of the distal extremities in dairy cows are a widespread pathology that leads to a significant decrease in animal productivity. They arise against the background of restrictions on the motor activity of animals, violation of diets, rules for the care of hooves and zoohygienic standards for maintenance. The structures of the distal extremities are combined into a functional complex of interconnected structures (joints, tendons, finger organ). With destructive changes in one of the structures, the rest also become involved in the pathological process, which leads to the chronization of the course of pathologies in this area. However, until now there has been no morphological confirmation of this concept. In this regard, the aim of the work is to study the macro- and microstructure of the organs of the distal extremities in dairy cows in conditions of intensive animal husbandry. Autopsional material was studied (50 samples of the distal thoracic and pelvic extremities of dairy cows of the black-mottled Holstein breed). The methods of anatomical dissection and light microscopy were used. The research was conducted according to generally accepted methods. The micro-preparations were studied using Jenamed-2 and MicroScreen microscopes. Data on concomitant pathologies of the distal extremities in cattle were obtained: along with visually easily diagnosed disorders of the growth of the hoof horn and dermatitis, arthrosis of the finger joints was observed in all cases, especially pronounced in the hoof joints. Impaired horn growth is associated with dyskeratosis and parakeratosis. Joint damage is irreversible, due to the deep destruction of articular cartilage with its partial replacement by fibrous cartilage and connective tissue. There is reason to believe that the cause of such structural

changes is hypokinesia and metabolic disorders in animals.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Борисевич, В. Б. Деформация копыт у крупного рогатого скота. Анатомическое, гистологическое, гистохимическое, клиническое и патологоанатомическое исследование: дис. ... д-ра ветеринар. наук / В. Б. Борисевич. – Киев, 1983.
2. Веремей, Э. И. Уход за копытцами / Э. И. Веремей, В. А. Журба, В. М. Руколь, А. А. Стекольников, Б. С. Семенов // Животноводство России. – 2018. – № 2. – С. 67-69.
3. Марьин, Е. М. Характеристика ортопедических патологий у крупного рогатого скота / Е. М. Марьин, В. А. Ермолаев, О. Н. Марьина, И. С. Раксина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 66-69.
4. Позябин, С. В. Сравнительная характеристика структуры ортопедических патологий коров голштино-фризской и голштинизированной черно-пестрой пород / С. В. Позябин, Ю. И. Филиппов, М. Д. Качалин, В. В. Белогуров, М. С. Борисов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2018. – № 11. – С. 19-24.
5. Позябин, С. В. Структурные адаптации копыт крупного рогатого скота в условиях современного агроценоза / С. В. Позябин, Е. Н. Борхунова, В. В. Белогуров, М. Д. Качалин, М. С. Борисов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2021. – № 11. – С. 6-15. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202111001.
6. Позябин, С. В. Морфологические изменения копыт крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в условиях интенсивного животноводства / С. В. Позябин, Е. Н. Борхунова, В. В. Белогуров, М. Д. Качалин // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2023. – №5 (107). – С. 271-277. DOI 10.21515/1999-1703-107-271-277.
7. Позябин, С. В. Оксидативный стресс и реализация продуктивных качеств дойных коров при патологии копыт / С. В. Позябин, В. В. Белогуров, Т. О. Азарнова,

М. Д. Качалин // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2023. – №6 (108). – С. 190-196. DOI 10.21515/1999-1703-108-190-196.

8. Белогуров, В. В. Характеристика деструктивных изменений дистального отдела конечностей КРС в условиях промышленного скотоводства / В. В. Белогуров, С. В. Позябин, Е. Н. Борхунова, Э. К. Гасангусейнова // Ветеринария и кормление, 2023. – №7. – С.16-19. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-7-4.

9. Amory, J. R. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003 – November 2004 / J. R. Amory, Z. E. Barker, J. L. Wright, S. A. Mason, R. W. Blowey, L. E. Green. // Preventive veterinary medicine. – 2008. – V. 83(3-4). – P. 381-391, DOI: 10.1016/j.prevetmed.2007.09.007.

10. Bicalho, R. C. Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence throughout the lactation: a lameness example / R. C. Bicalho, L. D. Warnick, C. L. Guard // Journal of dairy science. – 2008. – V. 91. – No. 7. – 2653-2661, DOI: 10.3168/jds.2007-0744.

11. Warnick, L. D. The effect of lameness on milk production in dairy cows / L. D. Warnick, D. Janssen, C. L. Guard, Y. T. Gröhn // Journal of dairy science. – 2001. – V. 84. – No. 9. – P. 1988-1997, DOI:10.3168/jds. S0022-0302(01)74642-5.

REFERENCES

1. Borisevich, V. B. Deformation of hoofs in cattle. Anatomical, histological, histochemical, clinical and pathologo-anatomical study: dissertation for nomination ... Dr. of veterinary sciences. – Kiev, 1983. [in Russ.]
2. Veremey, E. I. Care for hoofs / E. I. Veremey, V. A. Zhurba, V. M. Rukol, A. A. Stekolnikov, B. S. Semenov // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2017. – No. 2. – P. 29-31. [in Russ.]
3. Maryin, E. M. Feature of orthopedic pathologies in cattle / E. M. Maryin, V. A. Ermolaev, O. N. Maryina, I. S. Raksina // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy

- sel'skokhozyaystvennoy akademii. – 2012. – No. 4. – P. 66-69. [in Russ.]
4. Pozyabin, S. V. Comparative characteristics of the structure of orthopedic pathologies of Holstein-Friesian and Holsteinized Black-Beast cows / S. V. Pozyabin, Yu. Belogurov, M. S. Borisov // *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya*. – 2018. – No. 11. – P. 19-24. [in Russ.]
5. Pozyabin, S. V. Structural adaptations of cattle hooves in the context of modern agrocenosis / S. V. Pozyabin, E. N. Borhunova, V. V. Borhunova, V. V. Belogurov, M. D. Kachalin, M. S. Borisov // *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya*. – 2021. – No. 11. – P. 6-15. [in Russ.], DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202111001.
6. Pozyabin, S. V. Morphological changes in the hooves of cattle of dairy productivity in conditions of intensive animal husbandry/ Pozyabin S.V., Borkhunova E.N., Belogurov V.V., Kachalin M.D.// *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2023, No.5 (107). pp. 271-277. [in Russ.], DOI 10.21515/1999-1703-107-271-277.
7. Pozyabin, S. V. Oxidative stress and realization of productive qualities of dairy cows in hoof pathology / Pozyabin S.V., Belogurov V.V., Azarnova T.O., Kachalin M.D.// *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2023, No.6 (108). pp. 190-196. [in Russ.], DOI 10.21515/1999-1703-108-190-196.
8. Belogurov V.V. Characteristics of destructive changes in the distal extremities of cattle in conditions of industrial cattle breeding / Belogurov V.V., Pozyabin S.V., Borkhunova E.N., Gasanguseynova E.K.// *Veterinary Medicine and feeding*, 2023, No.7, pp.16-19. [in Russ.], DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-7-4
9. Amory, J. R. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003 – November 2004 / J. R. Amory, Z. E. Barker, J. L. Wright, S. A. Mason, R. W. Blowey, L. E. Green. // *Preventive veterinary medicine*. – 2008. – V. 83(3-4). – P. 381-391, DOI: 10.1016/j.prevetmed.2007.09.007.
10. Bicalho, R. C. Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence throughout the lactation: a lameness example / R. C. Bicalho, L. D. Warnick, C. L. Guard // *Journal of dairy science*. – 2008. – V. 91. – No. 7. – 2653-2661, DOI: 10.3168/jds.2007-0744.
11. Warnick, L. D. The effect of lameness on milk production in dairy cows / L. D. Warnick, D. Janssen, C. L. Guard, Y. T. Gröhn // *Journal of dairy science*. – 2001. – V. 84. – No. 9. – P. 1988-1997, DOI:10.3168/jds.S0022-0302(01)74642-5.