

УДК: 636.2.09:616.36-008.8-07

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.3.210

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ВЗАИМОЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ СОРБИТОЛА И «КЛАССИЧЕСКИМИ» БИОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИМИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕЧЕНИ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Понамарёв В.С.* – канд. ветеринар. наук, доц. каф. фармакологии и токсикологии (ORCID 0000-0002-6852-3110)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины»

* psevdopyos@mail.ru

Ключевые слова: крупный рогатый скот, печень, диагностика, сорбитол, клиренс-тест, корреляционный анализ, АСТ, АЛТ, ЩФ, билирубин

Key words: cattle, liver, diagnostics, sorbitol, clearance test, correlation analysis, AST, ALT, ALP, bilirubin

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 24-26-00005 (<https://rscf.ru/project/24-26-00005/>)

Поступила: 25.06.2025

Принята к публикации: 26.08.2025

Опубликована онлайн: 15.09.2025



РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты исследования корреляционных взаимосвязей между клиренсом экзогенного сорбитола и активностью традиционных печеночных ферментов (АЛТ, АСТ, ЩФ) и уровнем общего билирубина у клинически здорового крупного рогатого скота. Установлены статистически значимые положительные корреляции между концентрацией сорбитола в плазме крови и уровнем АСТ и ЩФ, что свидетельствует о перспективности использования сорбитолового клиренс-теста в качестве раннего маркера функциональных нарушений печени. Полученные данные обосновывают необходимость дальнейших исследований для разработки новых средств доклинической диагностики гепатопатий у продуктивных животных. По результатам исследования не выявлено статистически достоверной корреляции между уровнем сорбитола и активностью АЛТ, а также концентрацией общего билирубина. Это может быть связано с большей органной специфичностью АСТ для печени КРС по сравнению с АЛТ, а также с тем, что уровень билирубина повышается при более серьезных и выраженных патологиях. Проведенное исследование установило наличие статистически значимых сильных положительных корреляционных взаимосвязей между концентрацией экзогенного сорбитола после его нагрузочного введения и активностью ключевых «классических» печеночных ферментов – АСТ и ЩФ у клинически здорового крупного рогатого скота. Это свидетельствует о том, что сниже-

ние метаболического клиренса сорбитола тесно ассоциировано с начальными патобиохимическими сдвигами, характерными для повреждения гепатоцитов и холестаза. Полученные результаты данного исследования подтверждают перспективность использования клиренс-теста с сорбитолом в качестве высокочувствительного функционального теста для доклинической диагностики нарушений печени у КРС.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Актуальность поиска высокочувствительных и специфичных методов ранней диагностики патологий печени у крупного рогатого скота (КРС) обусловлена высокой экономической значимостью заболеваний гепатобилиарной системы в современном животноводстве. Гепатопатии, часто протекающие субклинически, приводят к значительному снижению продуктивности, репродуктивных качеств животных и повышению их выбраковки [1-4]. Существующие «классические» биохимические показатели крови (активность аланинаминотрансферазы – АЛТ, аспартатаминотрансферазы – АСТ, щелочной фосфатазы – ЩФ, концентрация общего билирубина) являются надежными маркерами, однако они часто реагируют уже на развившиеся цитолитические или холестатические процессы, то есть на стадии манифестации заболевания [5-8].

В связи с этим особую актуальность приобретают так называемые клиренс-тесты, позволяющие оценить именно функциональную сохранность органа, а не целостность его клеточных мембран. Одним из таких перспективных методов является оценка клиренса (скорости очищения крови) экзогенного сорбитола. Сорбитол является сахароспиртом, который метаболизируется преимущественно в печени под действием фермента сорбитолдегидрогеназы (КФ 1.1.1.14). Снижение скорости его элиминации из кровотока прямо коррелирует со снижением метаболической активности гепатоцитов и может служить ранним признаком их функциональной недостаточности, даже при отсутствии изменений стандартных биохимических параметров [9]. Целью данного исследования явился анализ корреляционных взаимозависимостей между содержанием экзогенного сорбитола и классическими биохимическими показателями

тестами крови у клинически здорового КРС для оценки информативности сорбитолового теста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проведено в одном из животноводческих хозяйств Псковской области на 30 голштинских коровах в возрасте 2-4 лет, клинически здоровых, подобранных по принципу пар аналогов (с учетом возраста, живой массы, физиологического состояния и продуктивности). Все животные содержались в идентичных условиях и получали стандартный рацион.

Забор крови для определения фоновых значений биохимических показателей осуществляли из яремной вены утром до кормления. В сыворотке крови определяли:

- Активность АЛТ и АСТ кинетическим методом по рекомендации IFCC [10];
- Активность ЩФ кинетическим методом [10];
- Концентрацию общего билирубина методом Йендрашека и Грофа [11].

После забора фоновых проб всем животным внутривенно струйно вводили раствор сорбитола из расчета 0.15 г/кг живой массы [12]. Повторный забор крови для определения концентрации сорбитола проводили через 40 минут после введения. Количественное определение концентрации сорбитола в плазме крови проводили ферментативным методом с использованием сорбитолдегидрогеназы [13-15].

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ «Statistica 10.0». Для изучения силы и направленности связей между показателями применяли корреляционно-регрессионный анализ. Поскольку распределение большинства показателей отличалось от нормального (критерий

Шапиро-Уилка), для расчета тесноты связи использовали непараметрический коэффициент ранговой корреляции Спирмена (rs)[16]. Коэффициент Спирмена оценивает монотонную связь между двумя переменными, ранжированными по степени выраженности признака. Значение rs варьируется от -1 до +1, где +1 означает полную прямую корреляцию, -1 – полную обратную, а 0 – отсутствие связи. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты корреляционного анализа между концентрацией сорбитола в плазме крови через 40 минут после введения и активностью классических печеночных ферментов представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы, выявлены статистически значимые сильные положительные корреляционные связи между концентрацией экзогенного сорбитола и активностью АСТ ($rs = +0,72$; $p < 0,01$) и ЩФ ($rs = +0,65$; $p < 0,01$). Положительная корреляция означает, что с увеличением концентрации сорбитола в крови (то есть с уменьшением скорости его клиренса, что указывает на снижение метаболической функции печени) наблюдается рост

активности данных ферментов.

АСТ является внутриклеточным ферментом, высвобождающимся при повреждении гепатоцитов. Высокая положительная корреляция с сорбитолом позволяет предположить, что начальные стадии функциональной недостаточности печени, фиксируемые замедлением метаболизма сорбитола, тесно связаны с процессами, ведущими к нарушению целостности мембран гепатоцитов и выходу АСТ в кровь.

ЩФ является маркером холестаза. Полученная корреляция может указывать на то, что снижение детоксикационной функции печени (замедленный клиренс сорбитола) ассоциировано с нарушениями в билиарном тракте, что отражается в повышении активности ЩФ.

Не выявлено статистически достоверной корреляции между уровнем сорбитола и активностью АЛТ, а также концентрацией общего билирубина. Это может быть связано с большей органной специфичностью АСТ для печени КРС по сравнению с АЛТ, а также с тем, что уровень билирубина повышается при более серьезных и выраженных патологиях.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции Спирмена (rs) между уровнем сорбитола и биохимическими показателями «печеночной панели»

Биохимический показатель	Коэффициент корреляции Спирмена (rs)	P-value (уровень значимости)
Аспаратаминотрансфераза (АСТ)	+0.72	< 0.01
Щелочная фосфатаза (ЩФ)	+0.65	< 0.01
Аланинаминотрансфераза (АЛТ)	+0.31	> 0.05
Общий билирубин	+0.28	> 0.05

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенное исследование установило наличие статистически значимых сильных положительных корреляционных взаимосвязей между концентрацией экзогенного сорбитола после его нагрузочного введения и активностью ключевых «классических» печеночных

ферментов – АСТ и ЩФ у клинически здорового крупного рогатого скота. Это свидетельствует о том, что снижение метаболического клиренса сорбитола тесно ассоциировано с начальными патобиохимическими сдвигами, характерными для повреждения гепатоцитов и холестаза.

Полученные результаты подтвержда-

ют перспективность использования клиренс-теста с сорбитолом в качестве высокочувствительного функционального теста для доклинической диагностики нарушений печени у КРС.

Перспективы дальнейших исследований включают: проведение аналогичных исследований на группах животных с экспериментально смоделированными и спонтанно возникшими гепатопатиями; сопоставление динамики клиренса сорбитола с данными гистологических исследований биоптатов печени; разработку стандартизированных протоколов и референсных значений сорбитолового нагрузочного теста для различных половозрастных групп КРС.

CORRELATION BETWEEN THE CONTENT OF SORBITOL AND "CLASSICAL" BIOCHEMICAL INDICATORS OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE LIVER IN CATTLE

Ponamarev V.S.* – PhD in Veterinary Medicine, Associate Professor at the Department of Pharmacology and Toxicology (ORCID 0000-0002-6852-3110)

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine

* psevdopyos@mail.ru

Acknowledgments: The study was funded by the Russian Science Foundation under the research project No. 24-26-00005 (<https://rscf.ru/project/24-26-00005/>).

ABSTRACT

The article presents the results of a study of correlations between the clearance of exogenous sorbitol and the activity of traditional liver enzymes (ALT, AST, ALP) and the level of total bilirubin in clinically healthy cattle. Statistically significant positive correlations have been established between the concentration of sorbitol in blood plasma and the level of AST and alkaline phosphatase, which indicates the promising use of the sorbitol clearance test as an early marker of liver functional disorders. The data obtained substantiate the need for further research to develop new means of preclinical

diagnosis of hepatopathy in productive animals. According to the results of the study, there was no statistically significant correlation between the level of sorbitol and the activity of ALT, as well as the concentration of total bilirubin. This may be due to the greater organ specificity of AST for the liver of cattle compared to ALT, as well as the fact that bilirubin levels increase with more serious and pronounced pathologies. The conducted study established the presence of statistically significant strong positive correlations between the concentration of exogenous sorbitol after its loading administration and the activity of key "classical" liver enzymes – AST and ALP in clinically healthy cattle. This indicates that a decrease in the metabolic clearance of sorbitol is closely associated with the initial pathobiochemical shifts characteristic of hepatocyte damage and cholestasis. The results of this study confirm the prospects of using the sorbitol clearance test as a highly sensitive functional test for preclinical diagnosis of liver disorders in cattle.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баймишев Х.Б., Идрисов Р.Р. Болезни печени у высокопродуктивных коров: диагностика и профилактика // Ветеринария. – 2020. – № 5. – С. 3-8.
2. Анализ причин выбытия крупного рогатого скота мясных пород / В. А. Мищенко, А. В. Мищенко, В. В. Думова, О. Ю. Черных // Ветеринария Кубани. – 2014. – № 3. – С. 19-22.
3. Тумилович, Г. А. Методика прижизненной диагностики патологии печени крупного рогатого скота при заболеваниях обмена веществ / Г. А. Тумилович, Д. Н. Харитоник // Аграрная наука - сельскому хозяйству: Сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции в 2 кн., Барнаул, 09–10 февраля 2021 года. Том Книга 2. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – С. 199-201.
4. Абрамов, А. А. Исследование профилактического действия филоквертина при гепатопатиях молочного скота в условиях молочно-товарной фермы / А. А. Абра-

- мов, Е. В. Рогалева, М. П. Семененко // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2022. – Т. 11, № 1. – С. 253-256. – DOI 10.48612/sbornik-2022-1-62.
5. Маркеры эндогенной интоксикации при гепатопатиях молочного скота / Е. В. Кузьмина, А. А. Абрамов, М. П. Семененко [и др.]. – Краснодар: Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, 2022. – 45 с. – ISBN 978-5-906643-46-9. – DOI 10.48612/monograph-2023-7.
6. Серова, Е. А. Диагностика заболеваний печени у коров / Е. А. Серова, А. А. Логинова // Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам, Вологда, 03 апреля 2025 года. – Вологда-Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2025. – С. 128-133.
7. Голодяева, М. С. Ранняя диагностика биохимического статуса у коров-первотелок при гепатозе / М. С. Голодяева, А. Я. Батраков // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – № 4. – С. 126-128.
8. Экспертные системы в повышении эффективности диагностики заболеваний печени у животных / М. П. Семененко, Е. В. Кузьмина, С. И. Кононенко [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2018. – № 11. – С. 62-68.
9. Parrah J.D., Moulvi B.A., Gani T.A., et al. Significance of Load Tests in Diagnosis of Liver Disorders in Bovines: A Review // Veterinary Research. – 2013. – Vol. 6(2). – P. 30-35.
10. Wimberley, P D et al. "International Federation of Clinical Chemistry (IFCC): Scientific Division, Committee on pH, Blood Gases and Electrolytes: Guidelines for Transcutaneous pO₂ and pCO₂ Measurement." The Journal of automatic chemistry vol. 11,5 (1989): 235-9. doi:10.1155/S1463924689000465
11. Капелькин, А. М. Гематологический и биохимический статус коров чернопестрой породы в период лактации / А. М. Капелькин, Н. А. Дудченко, А. А. Томилов // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2015. – Т. 1, № 8. – С. 424-427.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025681323 Российская Федерация. Программа для расчёта фармакокинетических параметров экзогенного сорбитола у крупного рогатого скота: заявл. 01.07.2025; опубл. 13.08.2025 / В. С. Пономарев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины".
13. Gerlachet M., Sendid B., Poulain D., Malaisse W.J. Sensitive and specific determination of sorbitol and fructose in biological samples // Clinical Biochemistry. – 1996. – Vol. 29(3). – P. 295-298.
14. West C. D., Rapoport S. Modification of Colorimetric Method for determination of Mannitol and Sorbitol in Plasma and Urine. Experimental Biology and Medicine. 1949;70(1):141-142.
15. Corcoran A. C., Page I. H. A method for the determination of mannitol in plasma and urine. Journal of Biological Chemistry. 1947;5(1):130.
16. Хоконова Тамара Муратовна, Хоконова Мадина Зуровна Роль непараметрических методов статистики в медико-биологических исследованиях // АРПРО-RI. Серия: Естественные и технические науки. 2014. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-neparametricheskih-metodov-statistiki-v-mediko-biologicheskikh-issledovaniyah> (дата обращения: 10.06.2025).

REFERENCES

1. Baymishev H.B., Idrisov R.R. Liver diseases in highly productive cows: diagnosis and prevention // Veterinary medicine. 2020. No. 5. pp. 3-8.
2. Analysis of the causes of the disposal of beef cattle / V. A. Mishchenko, A.V. Mishchenko, V. V. Dumova, O. Yu. Chernykh // Veterinary medicine of Kuban. - 2014. – No. 3. – pp. 19-22.
3. Tumilovich, G. A. Methods of lifetime diagnosis of liver pathology in cattle with

- metabolic diseases / G. A. Tumilovich, D. N. Kharitonik // *Agrarian science for agriculture: Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference in 2 volumes*, Barnaul, February 09-10, 2021. Volume 2. Barnaul: Altai State Agrarian University, 2021. pp. 199-201.
4. Abramov A. A., Rogaleva E. V., Semenenko M. P. Investigation of the preventive effect of philokvertin in hepatopathy of dairy cattle in dairy farm conditions // *Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine*. – 2022. – Vol. 11, No. 1. – pp. 253-256. – DOI 10.48612/sbornik-2022-1-62.
5. Markers of endogenous intoxication in dairy cattle hepatopathies / E. V. Kuzminova, A. A. Abramov, M. P. Semenenko [et al.]. – Krasnodar: Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine, 2022. – 45 p. – ISBN 978-5-906643-46-9. – DOI 10.48612/monograph-2023-7.
6. Serova, E. A. Diagnostics of liver diseases in cows / E. A. Serova, A. A. Loginova // *Young researchers of agro-industrial and forestry complexes - by region*, Vologda, April 03, 2025. Vologda-Molochnoye: Vologda State Agricultural Academy, 2025, pp. 128-133.
7. Golodyaeva, M. S. Early diagnosis of the biochemical status in first-calf cows with hepatitis / M. S. Golodyaeva, A. Ya. Batrakov // *Issues of regulatory regulation in veterinary medicine*. - 2018. – No. 4. – pp. 126-128.
8. Expert systems in improving the effectiveness of liver disease diagnosis in animals / M. P. Semenenko, E. V. Kuzminova, S. I. Kononenko [et al.] // *Veterinary medicine, animal science and biotechnology*. - 2018. – No. 11. – pp. 62-68.
9. Parrah J.D., Moulvi B.A., Gani T.A., et al. Significance of Load Tests in Diagnosis of Liver Disorders in Bovines: A Review // *Veterinary Research*. – 2013. – Vol. 6(2). – P. 30-35.
10. Wimberley, P D et al. "International Federation of Clinical Chemistry (IFCC): Scientific Division, Committee on pH, Blood Gases and Electrolytes: Guidelines for Transcutaneous po(2) and pco(2) Measurement." *The Journal of automatic chemistry* vol. 11,5 (1989): 235-9. doi:10.1155/S1463924689000465
11. Kapelkin, A.M. Hematological and biochemical status of black-and-white cows during lactation / A.M. Kapelkin, N. A. Dudchenko, A. A. Tomilov // *Collection of scientific papers of the All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding*. - 2015. – Vol. 1, No. 8. – pp. 424-427.
12. Certificate of state registration of the computer program No. 2025681323 Russian Federation. A program for calculating the pharmacokinetic parameters of exogenous sorbitol in cattle : application 07/01/2025 : published 08/13/2025 / V. S. Ponamarev ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine".
13. Gerlachet M., Sendid B., Poulain D., Malaisse W.J. Sensitive and specific determination of sorbitol and fructose in biological samples // *Clinical Biochemistry*. – 1996. – Vol. 29(3). – P. 295–298.
14. West C. D., Rapoport S. Modification of Colorimetric Method for determination of Mannitol and Sorbitol in Plasma and Urine. *Experimental Biology and Medicine*. 1949;70(1):141-142.
15. Corcoran A. C., Page I. H. A method for the determination of mannitol in plasma and urine. *Journal of Biological Chemistry*. 1947;5(1):130.
16. Hokonova T.M., Hokonova M. Z. The role of nonparametric statistical methods in biomedical research // *APRIORI. Series: Natural and Technical Sciences*. 2014. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-neparametricheskih-metodov-statistiki-v-mediko-biologicheskikh-issledovaniyah> (date of request: 09/06/2025).