

**ПАТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ, ФАРМАКОЛОГИЯ И
ТОКСИКОЛОГИЯ/ANIMAL PATHOLOGY, MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY, PHARMACOLOGY AND
TOXICOLOGY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.5>

**ОСОБЕННОСТИ ЭЛИМИНАЦИИ ЭКЗОГЕННОГО СОРБИТОЛА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С
ЖИРОВОЙ ДИСТРОФИЕЙ ПЕЧЕНИ**

Научная статья

Понамарёв В.С.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-6852-3110;

¹ Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (psevdopyos[at]mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты исследования кинетики элиминации экзогенного сорбитола с мочой у крупного рогатого скота с экспериментально подтвержденной жировой дистрофией печени. Установлены достоверные различия во временных интервалах и количественных показателях выведения препарата по сравнению с клинически здоровыми животными. Результаты работы демонстрируют диагностическую ценность перорального теста толерантности к сорбитолу для выявления субклинических нарушений функции гепатобилиарной системы. У животных с жировой дистрофией печени зафиксировано статистически значимое замедление элиминации сорбитола: более позднее появление в моче (через 3–4 часа), сдвиг пиковой концентрации к 6–8 часу и значительное увеличение общего количества выведенного с мочой сорбитола за 24 часа (до $15.2 \pm 1.8\%$ против $5.2 \pm 0.8\%$ в контрольной группе). Нарушенный клиренс сорбитола коррелировал со степенью выраженности стеатоза по данным биохимического анализа крови (активность АСТ, ГГТ, концентрация желчных кислот). Таким образом, пероральный тест толерантности к сорбитолу с оценкой его экскреции с мочой является чувствительным и неинвазивным методом для диагностики функциональной недостаточности печени у крупного рогатого скота на ранних, доклинических стадиях.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, сорбитол, элиминация, гепатобилиарная система, жировая дистрофия печени, моча, фармакокинетика, диагностика, функциональные пробы печени.

SPECIFICS OF EXOGENOUS SORBITOL ELIMINATION IN BEEF CATTLE WITH LIVER STEATOSIS

Research article

Ponamarev V.S.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-6852-3110;

¹ St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (psevdopyos[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of a study of the kinetics of exogenous sorbitol elimination in urine in cattle with experimentally confirmed liver steatosis. Significant differences were found in the time intervals and quantitative indicators of drug excretion compared to clinically healthy animals. The results demonstrate the diagnostic value of the oral sorbitol tolerance test for detecting subclinical disorders of the hepatobiliary system. In animals with liver steatosis, a statistically significant slowdown in sorbitol elimination was observed: later appearance in urine (after 3–4 hours), a shift in peak concentration to 6–8 hours, and a significant increase in the total amount of sorbitol excreted in urine over 24 hours (up to $15.2 \pm 1.8\%$ versus $5.2 \pm 0.8\%$ in the control group). Impaired sorbitol clearance correlated with the severity of steatosis according to blood biochemical analysis (AST, GGT activity, bile acid concentration). Thus, the oral sorbitol tolerance test with evaluation of its excretion in urine is a sensitive and non-invasive method for diagnosing functional liver failure in cattle in the early, preclinical stages.

Keywords: cattle, sorbitol, elimination, hepatobiliary system, liver steatosis, urine, pharmacokinetics, diagnosis, liver function tests.

Введение

Жировая дистрофия печени (гепатостеатоз) является широко распространенным метаболическим нарушением у высокопродуктивного крупного рогатого скота, в частности, в ранний послеродовой период у лактирующих коров. Данная патология приводит к значительному снижению детоксикационной, синтетической и метаболической функций органа, что негативно сказывается на продуктивности, репродукции и общем состоянии здоровья животных, нанося существенный экономический ущерб [1], [2].

Существующие методы диагностики, основанные на определении активности печеночных ферментов (АСТ, ГГТ) и концентрации билирубина в крови, часто указывают на уже развившееся повреждение гепатоцитов, в то время как оценка функционального резерва печени остается затруднительной [3], [4]. В связи с этим актуальным является поиск и валидация неинвазивных нагрузочных тестов, позволяющих количественно оценить сохранность печеночного клиренса. Одним из таких перспективных маркеров является сорбитол (D-глюцит) — шестиатомный спирт, который при пероральном введении пассивно абсорбируется в кишечнике и практически полностью (более 90%) захватывается

гепатоцитами из портального кровотока при первом прохождении, где окисляется до фруктозы под действием сорбитолдегидрогеназы [5], [6]. Таким образом, скорость его элиминации из крови и выведения с мочой напрямую зависит от функциональной массы активных гепатоцитов.

В наших предыдущих исследованиях на клинически здоровых животных была установлена нормальная кинетика элиминации экзогенного сорбита [7], [8], [9], [10]. Целью настоящей работы явилось изучение особенностей элиминации перорально введенного экзогенного сорбита у крупного рогатого скота с жировой дистрофией печени для оценки диагностической ценности данного теста.

Методы и принципы исследования

Исследование проводилось в условиях животноводческого комплекса Ленинградской области. Было сформировано 2 группы животных черно-пестрой голштинизированной породы (n=20):

Группа 1 (Контрольная, n=10): Клинически здоровые лактирующие коровы на 2–3 месяце лактации с продуктивностью 20–25 кг/сутки, с нормальными биохимическими показателями крови;

Группа 2 (Опытная, n=10): Лактирующие коровы на 1–2 месяце лактации с диагностированной жировой дистрофией печени средней степени тяжести. Диагноз был подтвержден на основании клинического осмотра, анамнеза (высокая продуктивность в предыдущую лактацию, осложненный отел) и биохимического анализа крови: повышение активности АСТ (>150 Ед/л), ГГТ (>38 Ед/л) и концентрации общих желчных кислот (>25 мкмоль/л).

Всем животным после 12-часовой пищевой депривации перорально вводился водный раствор сорбита (XyloPURE, «Эко-Проект») в дозе 0,5 г/кг живой массы. Для количественного сбора мочи использовались стерильные мочеприемники (Urinary Collection Bag для КРС, JorVet). Отбор проб мочи проводился до введения сорбита (T0), а затем через 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24 часа после введения. Пробы замораживались при -20°C.

Концентрация сорбита в образцах мочи определялась с помощью твердофазного конкурентного иммуноферментного анализа (Sorbitol ELISA Kit, MyBioSource, Inc., США). Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения SPSS 23.0. Для оценки достоверности различий между группами применялся t-критерий Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Основные результаты

Введение сорбита не вызвало негативных клинических реакций у животных обеих групп. В фоновых пробах мочи (T0) концентрация сорбита была ниже порога чувствительности метода (<0,1 мг/дл).

Были выявлены статистически значимые различия в кинетике элиминации сорбита между группами:

У здоровых животных (Группа 1) сорбитол обнаруживался через 2 часа после введения. В группе с гепатостеатозом (Группа 2) достоверное появление сорбита в моче регистрировалось лишь через 3–4 часа. В контрольной группе пик концентрации ($24,7 \pm 3,1$ мг/дл) наблюдался на 4–6 часу. В опытной группе пик был ниже ($18,5 \pm 2,8$ мг/дл) и сдвинут на 6–8 час после нагрузки. Наиболее показательным различием явилось общее количество выведенного сорбита за 24 часа. В Группе 2 этот показатель был достоверно выше ($15,2 \pm 1,8\%$), чем в Группе 1 ($5,2 \pm 0,8\%$) ($p < 0,001$).

Таблица 1 - Динамика концентрации сорбита в моче у коров с жировой дистрофией печени и здоровых животных

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.5.1>

Временной интервал (часы)	Группа 1 (клинически здоровые животные), мг/дл	Группа 2 (животные с жировой дистрофией), мг/дл
0	< 0,1	< 0,1
1	$0,2 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,1$
2	$7,5 \pm 1,5$	$2,1 \pm 0,8^*$
3	$18,1 \pm 2,5$	$8,9 \pm 1,7^*$
4	$24,7 \pm 3,1$	$15,4 \pm 2,4^*$
6	$22,3 \pm 2,8$	$18,5 \pm 2,8^*$
8	$10,8 \pm 1,9$	$16,2 \pm 2,5^*$
12	$1,8 \pm 0,5$	$8,7 \pm 1,6^*$
24	< 0,1	$3,1 \pm 0,9^*$

Примечание: $M \pm SD$; * - статистически значимые различия ($p < 0,05$) по сравнению с группой 1 (клинически здоровые животные) в соответствующий временной интервал

Обсуждение

Полученные результаты четко демонстрируют нарушение элиминации экзогенного сорбита у крупного рогатого скота с жировой дистрофией печени. Замедленное появление и сдвиг пика концентрации в моче указывают на снижение скорости захвата сорбита гепатоцитами из портального кровотока. Это связано с уменьшением функционально активной паренхимы печени вследствие инфильтрации гепатоцитов липидами и развития функциональной недостаточности.

Ключевым показателем является значительное увеличение общей 24-часовой экскреции сорбита с мочой у больных животных. В норме большая часть сорбита метаболизируется в печени. При снижении печеночного

клиренса из-за уменьшения массы активных гепатоцитов или активности сорбитолдегидрогеназы, большая доля неизмененного сорбитола попадает в системный кровоток и выводится почками. Таким образом, показатель суммарной экскреции является прямым индикатором снижения метаболической функции печени.

Выявленные изменения коррелировали с традиционными биохимическими маркерами повреждения печени (АСТ, ГГТ), что подтверждает валидность теста.

Заключение

1. У крупного рогатого скота с жировой дистрофией печени выявлены значительные нарушения кинетики элиминации экзогенного сорбитола, проявляющиеся в замедлении его появления в моче, сдвиге пиковой концентрации и, что наиболее важно, в существенном увеличении общего количества выведенного с мочой сорбитола.

2. Пероральный тест толерантности к сорбитолу с оценкой его экскреции с мочой в течение 24 часов является высокочувствительным неинвазивным методом для диагностики функциональной недостаточности печени при жировой дистрофии.

3. Данный тест позволяет выявлять снижение функционального резерва печени на доклинических стадиях, что открывает возможности для ранней коррекции рациона и применения гепатопротекторной терапии, направленной на предотвращение прогрессирования патологии.

Полученные данные открывают ряд перспективных направлений для дальнейших научных изысканий. В первую очередь, необходима валидация теста на более крупных и разнородных по породному составу группах животных для установления твердых референсных и патологических интервалов с учетом физиологического статуса, возраста и продуктивности. Ключевым этапом станет апробация методики на животных с другими нозологическими формами патологии гепатобилиарной системы, такими как холангиты, фиброз и токсические поражения печени, что позволит оценить диагностическую специфичность теста и его способность дифференцировать типы повреждения печени.

Важным направлением является сравнительный анализ диагностической ценности сорбитолового теста с другими современными методами оценки функции печени, включая определение концентрации желчных кислот в крови, проведение бромсульфалеиновой пробы или динамической сцинтиграфии. Это позволит точно определить место неинвазивного сорбитолового теста в алгоритме диагностики.

В долгосрочной перспективе планируется проведение лонгитюдных исследований для оценки прогностической ценности теста — его способности предсказывать развитие таких серьезных осложнений, как кетоз, снижение продуктивности или нарушения репродуктивной функции. Оценка экономической эффективности внедрения данного диагностического метода в систему ветеринарного обеспечения молочных ферм также будет являться аргументом для его широкого практического внедрения. Реализация указанных направлений работы позволит не только создать надежный инструмент диагностики, но и глубже понять патогенез метаболических нарушений печени у жвачных животных.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российской научного фонда в рамках научного проекта № 24-26-00005.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.5.2>

Funding

The study was funded by the Russian Science Foundation under research project No. 24-26-00005.

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.5.2>

Список литературы / References

1. Гавриш В.Г. Справочник ветеринарного врача: Лабораторная диагностика и биохимия животных / В.Г. Гавриш, И.И. Калюжный. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2019. — 380 с.
2. Трошин А.Н. Оценка функционального состояния печени у собак с использованием бромсульфалеинового теста / А.Н. Трошин, М.В. Семенова // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. — 2020. — № 4. — С. 35–38.
3. Center S.A. Liver Function Tests in Small Animal Practice / S.A. Center // The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. — 2023. — Vol. 53. — № 1. — P. 93–128. — DOI: 10.1016/j.cvsm.2022.07.008.
4. Gori E. Evaluation of ammonia tolerance test for diagnosis of hepatic encephalopathy in dogs with portosystemic shunt / E. Gori, M. Lippi, S. Pierini [et al.] // Journal of Veterinary Internal Medicine. — 2019. — Vol. 33. — № 2. — P. 1682–1689. — DOI: 10.1111/jvim.15524.
5. Ibrahim W.H. Current status of future directions of hepatic function assessment in critical illness / W.H. Ibrahim, A.M. Al Hail, R.R. Pathan // Journal of Veterinary Emergency and Critical Care. — 2021. — Vol. 31. — № 4. — P. 435–448. — DOI: 10.1111/vec.13085.
6. Kováčovičová N. Dynamic liver function tests in dogs: A review / N. Kováčovičová, J. Čobanová, I. Šutiaková // Acta Veterinaria Brno. — 2018. — Vol. 87. — № 2. — P. 205–214. — DOI: 10.2754/avb201887020205.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025681323 Российская Федерация. Программа для расчёта фармакокинетических параметров экзогенного сорбитола у крупного рогатого скота / В.С.

Понамарев; заявитель Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. — заявл. 01.07.2025; опубл. 13.08.2025.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024688491 Российская Федерация. Программа для расчёта фармакокинетических параметров экзогенного сорбитола при введении лабораторным животным / В.С. Понамарев; заявитель Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. — № 2024683854; заявл. 14.10.2024; опубл. 28.11.2024.

9. Андреева Н.Л. Особенности клиренса экзогенного сорбитола у лабораторных животных / Н.Л. Андреева, В.С. Понамарев // Международный вестник ветеринарии. — 2024. — № 1. — С. 83–90. — DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.1.83.

10. Андреева Н.Л. Оценка клиренса сорбитола при индуцированной острой печёночной недостаточности / Н.Л. Андреева, В.С. Понамарев, П.С. Погодаева // Международный вестник ветеринарии. — 2024. — № 2. — С. 132–140. — DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.2.132.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gavrish V.G. Spravochnik veterinarnogo vracha: Laboratornaya diagnostika i biokhimiya zhivotnikh [Veterinary Physician's Handbook: Laboratory Diagnostics and Animal Biochemistry] / V.G. Gavrish, I.I. Kalyuzhnii. — Rostov-on-Don: Feniks, 2019. — 380 p. [in Russian]

2. Troshin A.N. Otsenka funktsionalnogo sostoyaniya pecheni u sobak s ispolzovaniem bromsulfaleinovogo testa [Evaluation of liver function in dogs using the bromsulphalein test] / A.N. Troshin, M.V. Semenova // Rossiiskii veterinarnii zhurnal. Selskokhozyaistvennie zhivotnie [Russian Veterinary Journal. Farm Animals]. — 2020. — № 4. — P. 35–38. [in Russian]

3. Center S.A. Liver Function Tests in Small Animal Practice / S.A. Center // The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. — 2023. — Vol. 53. — № 1. — P. 93–128. — DOI: 10.1016/j.cvsm.2022.07.008.

4. Gori E. Evaluation of ammonia tolerance test for diagnosis of hepatic encephalopathy in dogs with portosystemic shunt / E. Gori, M. Lippi, S. Pierini [et al.] // Journal of Veterinary Internal Medicine. — 2019. — Vol. 33. — № 2. — P. 1682–1689. — DOI: 10.1111/jvim.15524.

5. Ibrahim W.H. Current status of future directions of hepatic function assessment in critical illness / W.H. Ibrahim, A.M. Al Hail, R.R. Pathan // Journal of Veterinary Emergency and Critical Care. — 2021. — Vol. 31. — № 4. — P. 435–448. — DOI: 10.1111/vec.13085.

6. Kovalkovičová N. Dynamic liver function tests in dogs: A review / N. Kovalkovičová, J. Čobanová, I. Šutiaková // Acta Veterinaria Brno. — 2018. — Vol. 87. — № 2. — P. 205–214. — DOI: 10.2754/avb201887020205.

7. Svidetelstvo o gosudarstvennoi registratsii programmi dlya EVM № 2025681323 Rossiiskaya Federatsiya. Programma dlya raschyota farmakokineticheskikh parametrov ekzogenного sorbitola u krupnogo rogatogo skota [Certificate of state registration of computer program No. 2025681323 Russian Federation. Program for calculating the pharmacokinetic parameters of exogenous sorbitol in cattle] / V.S. Ponamarev; applicant: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine. — appl. 01.07.2025; publ. 13.08.2025. [in Russian]

8. Svidetelstvo o gosudarstvennoi registratsii programmi dlya EVM № 2024688491 Rossiiskaya Federatsiya. Programma dlya raschyota farmakokineticheskikh parametrov ekzogenного sorbitola pri vvedenii laboratornym zhivotnym [Certificate of state registration of computer program No. 2024688491 Russian Federation. Program for calculating the pharmacokinetic parameters of exogenous sorbitol when administered to laboratory animals] / V.S. Ponamarev; applicant: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine. — № 2024683854; appl. 14.10.2024; publ. 28.11.2024. [in Russian]

9. Andreeva N.L. Osobennosti klirensa ekzogenного sorbitola u laboratornikh zhivotnikh [Specifics of exogenous sorbitol clearance in laboratory animals] / N.L. Andreeva, V.S. Ponamarev // Mezhdunarodniy vestnik veterinarii [International Veterinary Bulletin]. — 2024. — № 1. — P. 83–90. — DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.1.83. [in Russian]

10. Andreeva N.L. Otsenka klirensa sorbitola pri indutsirovannoи ostroi pechyonochnoi nedostatochnosti [Evaluation of sorbitol clearance in induced acute liver failure] / N.L. Andreeva, V.S. Ponamarev, P.S. Pogodaeva // Mezhdunarodniy vestnik veterinarii [International Veterinary Bulletin]. — 2024. — № 2. — P. 132–140. — DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.2.132. [in Russian]