

С. В. Васильева, Р. М. Васильев, А. В. Прусаков, М. С. Голодяева

Сравнительная оценка важнейших маркеров миопатии лошадей в связи с активностью креатинкиназы

Аннотация.

Цель: провести оценку активности ферментов АСТ, ЛДГ и ГБДГ в связи с различными уровнями активности общей креатинфосфокиназы для понимания степени их диагностической ценности при определении тяжести миопатии у лошадей.

Материалы и методы. Для исследования была проведена статистическая обработка массива данных результатов биохимического исследования сыворотки крови от 247 лошадей. С учётом референсных интервалов активности КФК все результаты были ранжированы по возрастанию активности креатинфосфокиназы и разделены на четыре группы. В каждой группе были рассчитаны средние значения по показателям АСТ, ЛДГ и ГБДГ, подсчитана степень достоверности межгрупповых различий с использованием критерия Стьюдента. Также была проведена оценка корреляционной взаимосвязи между показателями активности ферментов АСТ, ЛДГ и ГБДГ с активностью КФК в каждой группе.

Результаты. Возрастание активности креатинфосфокиназы у лошадей на 59,4—409,6 % сопровождается увеличением активности ферментов АСТ на 14,5—77,2 %, ЛДГ на 17,8—33,0 % и ГБДГ на 17,1—27,1 %. При сравнении коэффициентов корреляции Пирсона по всей исследуемой выборке определяется заметная прямая связь между КФК и АСТ и умеренная прямая связь в сравнении КФК с ЛДГ и ГБДГ. Вычисление коэффициента Пирсона в каждой из исследованных групп показало разную степень взаимосвязи показателя креатинфосфокиназы с остальными ферментами, но во всех случаях положительную. Исследование процентного вклада ГБДГ в общую лактатдегидрогеназную активность показало обратно пропорциональную зависимость по отношению к активности креатинфосфокиназы, что свидетельствует о массивном поражении мышц с переключением в них энергетического обмена.

Заключение. Проведённые исследования позволили более глубоко осмыслить причинно-следственные связи изменения активности ферментов, имеющих специфичность к мышечной ткани в связи с тяжестью течения миопатии. Полученные данные могут оказать помощь ветеринарным специалистам при анализе результатов биохимического исследования крови у лошадей.

Ключевые слова: лошади; миопатия; ферменты; КФК; АСТ; ЛДГ; ГБДГ; тканевая специфичность; сыворотка крови; биохимические исследования.

Авторы:

Васильева С. В. — кандидат ветеринарных наук; e-mail: svvet@mail.ru;

Васильев Р. М. — кандидат ветеринарных наук; e-mail: rmvpcrvet@yandex.ru;

Прусаков А. В. — доктор ветеринарных наук; e-mail: prusakovv-av@mail.ru;

Голодяева М. С. — кандидат ветеринарных наук; e-mail: www.fytbo93@mail.ru.

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, 5.

Введение. У лошадей нередко встречаются болезни мышц различной этиологии [1—4]. Известны такие заболевания, как миопатия накопления полисахаридов, гиперкалиемический периодический паралич, паралитическая миоглобинурия, беломышечная болезнь [3, 5, 6]. Для оценки тяжести течения миопатии у лошадей используют биохимические маркеры повреждения мышц. В первую очередь в сыворотке крови исследуют активность ферментов — креатинфосфокиназы (КФК), аспартатамино-

трансферазы (АСТ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ) [5, 6]. При обратимом или необратимом повреждении мышечных клеток данные ферменты выходят во внеклеточное пространство и попадают в системный кровоток. Важной характеристикой каждого из ферментов является тканевая специфичность [7—9]. В этом смысле наиболее надёжным показателем является общая активность креатинфосфокиназы, так как фермент специфичен для поперечнополосатой мускулатуры, миокарда и головного мозга, причём наибольший

вклад в суммарную активность вносит именно изоформа скелетной мускулатуры [10–12]. Аспаратаминотрансфераза в наибольшем количестве обнаруживается в клетках печени и мышц, при увеличении этого показателя в крови имеется определённая трудность в интерпретации, поскольку оценить локализацию очага повреждения возможно только в сравнении с другими параметрами [5, 9, 13]. То же можно отметить и в отношении фермента ЛДГ, в общую активность которого вносят вклад пять изоформ, имеющих различную тканевую специфичность. Биохимические тест-системы позволяют определять суммарную активность фермента ЛДГ. Однако имеется метод для определения активности альфа-гидроксibuтиратдегидрогеназы (ГБДГ), с помощью которого возможна оценка вклада первой и второй изоформ ЛДГ (ЛДГ₁ и ЛДГ₂).

Поскольку из всех перечисленных биохимических маркеров наиболее показательным для патологии скелетной мускулатуры является фермент креатинфосфокиназа, то представляет интерес отследить степень активности других ферментов, проявляющих специфичность к мышечным клеткам, и оценить их взаимосвязь с уровнем КФК.

Цель исследований — провести оценку активности ферментов АСТ, ЛДГ и ГБДГ в связи с различными уровнями активности общей креатинфосфокиназы для понимания степени их диагностической ценности при определении тяжести миопатии у лошадей.

Материалы и методы. Для исследования была проведена статистическая обработка массива данных результатов биохимического исследования сыворотки крови от 247 лошадей в возрасте от 3-х до 29 лет. Пробы крови от животных были направлены в клинику-биохимическую лабораторию ФГБОУ ВО СПбГУВМ для биохимического анализа. В общую выборку вошли 46 жеребцов, 92 мерина и 122 кобылы, анамнез животных неизвестен. Исследование сыворотки крови проводилось с использованием биохимического полуавтоматического анализатора CLIMA MC-15 и коммерческих тест-систем, соответствующих стандартам Международной Федерации по клинической химии (IFCC). Активность ферментов, обсуждаемых в данной работе, определялась унифицированными кинетическими методами, в частности, активность креатинфосфокиназы (КФК), аспаратаминотрансферазы (АСТ) и лактатдегидрогеназы — с использованием наборов реагентов компании «Ольвекс диагностикум» (Россия), активность

альфа-гидроксibuтиратдегидрогеназы (ГБДГ) — с помощью тест-системы компании «DiaSys» (Германия). С учётом референсных интервалов активности КФК (82–303 МЕ/л) [9], все результаты были ранжированы по возрастанию активности креатинфосфокиназы и разделены на четыре группы (табл. 1).

Для статистической обработки был использован программный пакет Microsoft Excel, в котором выполнены функции группировки данных, подсчёта среднего значения (М), ошибки среднего (m), определения коэффициента корреляции. В каждой группе были рассчитаны средние значения по показателям КФК, АСТ, ЛДГ и ГБДГ и представлены в формате $M \pm m$, подсчитана степень достоверности межгрупповых различий с использованием t-критерия Стьюдента. Также была проведена оценка корреляционной взаимосвязи между показателями активности ферментов АСТ, ЛДГ и ГБДГ в сравнении с активностью КФК в каждой группе с вычислением коэффициента корреляции по Пирсону. Уровень значимости коэффициента корреляции определяли методом t-критерия Стьюдента по следующей формуле:

$$t_{\text{эмп}} = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

где: t — значение критерия Стьюдента;

r — выборочный коэффициент корреляции;

n — объём выборки.

Также было подсчитано соотношение показателей активности ферментов ЛДГ и ГБДГ в зависимости от активности креатинфосфокиназы.

Результаты и обсуждение. Результаты исследования представлены в таблицах 2–4 и на рис. 1–2. Как видно из данных таблицы 2, рис.1, интенсивность прироста ферментативной активности АСТ, ЛДГ и ГБДГ значительно меньше, чем у креатинфосфокиназы. Можно отметить, что только в четвёртой группе, в которой критически высокие значения КФК, замечен выраженный прирост активности АСТ.

Таблица 1. Критерии формирования групп

Группы лошадей	Интервал активности КФК, МЕ/л	Число животных в группе
1 группа	84,0–302,1	124
2 группа	303,3–499,6	74
3 группа	500,1–898,7	38
4 группа	1001,8–9701,1	11

Таблица 2. Активность ферментов в связи с показателем креатинфосфокиназы

Показатели		1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
КФК	Активность фермента, МЕ/л	230,4±4,5	387,7±6,0***	618,0±19,50***	3149,5±863,9**
	Различие с предыдущей группой, %	—	68,3	59,4	409,6
АСТ	Активность фермента, МЕ/л	299,8±6,81	352,0±11,2***	403,2±18,22*	714,3±111,72*
	Различие с предыдущей группой, %	—	17,4	14,5	77,2
ЛДГ	Активность фермента, МЕ/л	294,7±8,87	392,0±15,8***	461,6±22,59*	584,6±76,84
	Различие с предыдущей группой, %	—	33	17,8	26,6
ГБДГ	Активность фермента, МЕ/л	250,6±7,25	318,2±11,6***	372,4±18,86*	468,3±71,06
	Различие с предыдущей группой, %	—	27,1	17,1	25,8

Примечание: Различия показателей по сравнению с результатами предыдущей группы статистически значимы — * (P<0,05), ** (P<0,01) и *** (P<0,001).

В целом наблюдаются однонаправленные изменения в отношении всех рассматриваемых биохимических параметров. Однако при анализе корреляционных взаимосвязей получаются различные значения коэффициентов Пирсона, которые тем не менее абсолютно все проявляют положительный характер взаимодействия (табл. 3).

Оценка в рамках общей выборки показывает сильную положительную взаимосвязь между показателями КФК и АСТ и умеренную с ЛДГ и ГБДГ (во всех случаях P<0,001). Наиболее высокие коэффициенты Пирсона отмечаются при сравнении активности креатинфосфокиназы и АСТ в 4 группе (P<0,001), а также с ЛДГ (P<0,001) и ГБДГ (P<0,01) в 3 группе. Следовательно, более тяжёлые поражения скелетной мускулатуры сопровождаются одновременным выбросом во внеклеточное пространство данных ферментов. Можно заметить, что значения коэффициента корреляции по всей выборке различаются с некоторыми группами. Так, во второй группе данные коэффициенты по всем исследуемым параметрам оказываются близкими к нулевым значениям, что говорит об отсутствии взаимосвязи АСТ, ЛДГ и ГБДГ с активностью креатинфосфокиназы. Это может быть объяснено тем, что у лошадей с незначительным повы-

шением КФК может и не быть патологии мышц, а увеличение ферментативной активности вызвано какими-либо другими причинами. Также можно предположить, что взятие крови пришлось на момент самого начала патологического процесса, и в этой стадии активность ферментов увеличивается неравномерно.

Использование для обозначения ферментативной активности унифицированных международных единиц (МЕ/л), которые трактуются как скорость убывания 1 мкмоль субстрата (или образования 1 мкмоль продукта) за 1 минуту, позволяют сравнивать активность, по крайней мере, гомологичных изоферментов. В рамках наших исследований целесообразно провести сравнение активности ЛДГ и ГБДГ. Как известно, лактат-дегидрогеназа экспрессируется в виде пяти изоформ — ЛДГ₁, ЛДГ₂, ЛДГ₃, ЛДГ₄ и ЛДГ₅. Помимо того, что данные изоферменты имеют различную тканевую специфичность, они также имеют избирательную специфичность в отношении направления реакции лактат ↔ пируват. Так, ЛДГ₁ и ЛДГ₂ специализируются на окислении молочной кислоты до пировиноградной, следовательно способствуют активации аэробного метаболизма. Тогда как остальные изоформы ЛДГ катализируют обратную реакцию, которая

Таблица 3. Результаты вычисления коэффициента корреляции при сравнении с показателем КФК

Группы лошадей	Значение коэффициента корреляции (r) в сравнении со значением активности КФК		
	АСТ	ЛДГ	ГБДГ
1 группа	0,34 (P<0,001)	0,31 (P<0,001)	0,14
2 группа	0,17	0,02	0,07
3 группа	0,46 (P<0,01)	0,55 (P<0,001)	0,51 (P<0,01)
4 группа	0,70 (P<0,001)	0,24	0,35
Вся выборка	0,68 (P<0,001)	0,37 (P<0,001)	0,40 (P<0,001)

является заключительной стадией анаэробного гликолиза. Так как в рутинной лабораторной диагностике по умолчанию используются тест-системы для определения суммарной активности лактатдегидрогеназы, а исследование альфа-гидроксibuтиратдегидрогеназы (ГБДГ) позволяет оценить вклад суммы ЛДГ₁ и ДДГ₂ в общую активность ЛДГ, то имеется возможность отследить степень участия различных тканевых изоформ фермента в каждой исследуемой группе. Рассмотрим результаты расчёта процентного вклада активности гидроксibuтиратдегидрогеназы в суммарную лактатдегидрогеназную активность (табл. 4, рис. 2).

Данные таблицы 4 свидетельствуют, что на фоне роста общей активности ЛДГ процентный вклад ГБДГ в суммарную ферментативную активность постепенно снижается ($P < 0,05$ в сравнении с показателем группы 1).

Таким образом, у лошадей второй, третьей и четвёртой групп в общий пул ЛДГ более значительно вовлекаются изоферменты анаэробного метаболизма. Это указывает на вероятную локализацию данных изоформ, в первую очередь, в мышечной ткани, так как именно здесь наиболее востребована реакция восстановления лактата в реакциях анаэробного гликолиза. Этот факт можно объяснить тем, что более интенсивный распад мышечных клеток приводит к массивному переходу тканеспецифичных ферментов в кровяное русло, но, с другой стороны, возможна и индукционная составляющая, которая является следствием более активного включения адаптационных механизмов энергетического обмена в мышечной ткани при развитии патологического процесса, запускающих анаэробный метаболизм.

Заключение. На основании проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Возрастание активности креатинфосфокиназы у лошадей на 59,4–409,6 % сопровождается увеличением активности ферментов АСТ на 14,5–77,2 %, ЛДГ на 17,8–33,0 % и ГБДГ на 17,1–27,1 %.

2. При сравнении коэффициентов корреляции Пирсона по всей исследуемой выборке определяется заметная прямая связь между КФК и АСТ и умеренная прямая связь в сравнении КФК с ЛДГ и ГБДГ. Вычисление коэффициента Пирсона в каждой из исследованных групп показало разную степень взаимосвязи показателя креатинфосфокиназы с остальными ферментами, но во всех случаях положительную.

3. Исследование процентного вклада ГБДГ в общую лактатдегидрогеназную активность показало

ло обратно пропорциональную зависимость по отношению к активности креатинфосфокиназы, что свидетельствует о массивном поражении мышц с переключением в них энергетического обмена.

Проведённые исследования позволили более глубоко осмыслить причинно-следственные связи изменения активности ферментов, имеющих специфичность к мышечной ткани в связи с тяжестью течения миопатии. Полученные данные могут оказать помощь ветеринарным специалистам при анализе результатов биохимического исследования крови у лошадей.

Таблица 4. Процентный вклад активности ГБДГ в общую лактатдегидрогеназную активность сыворотки крови лошадей

Группы	Доля активности ГБДГ, %
1 группа	89,1±2,33
2 группа	82,6±1,67*
3 группа	80,9±2,49*
4 группа	78,8±2,72*

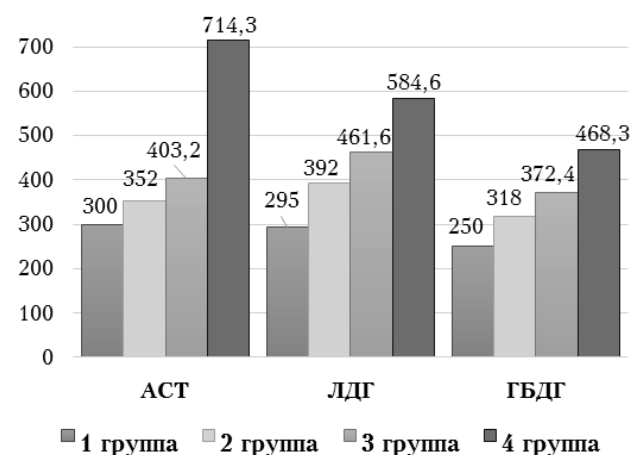


Рис. 1. Динамика активности ферментов в связи с ранжированием по уровню креатинфосфокиназы

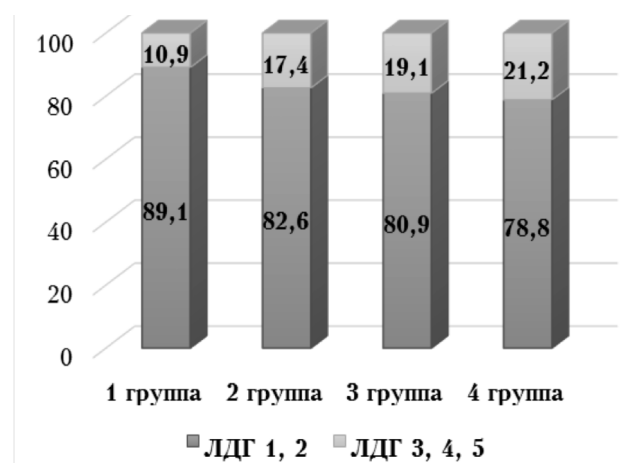


Рис. 2. Вклад различных изоферментов общую лактатдегидрогеназную активность в зависимости от уровня креатинкиназы у лошадей

Литература

1. Активность трансаминаз и лактатдегидрогеназы как показатели метаболизма у лошадей спортивного направления работоспособности / А. В. Андрийчук, Г. М. Ткаченко, И. В. Ткачова, Н. Н. Кургалюк // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. — 2014. — Т. 2. — № 7. — С. 340—345.
2. Ушакова А. В. Исследование нормативных интервалов активности сывороточных трансаминаз у лошадей / А. В. Ушакова // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны : материалы XII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 215-летию СПбГУВМ, Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2023 года. — Санкт-Петербург: Перовщикова Юлия Владимировна, 2023. — С. 408—410.
3. Васильева С. В. Изучение взаимосвязи печеночных трансаминаз и щелочной фосфатазы с активностью гамма-глутамилтрансферазы у лошадей / С. В. Васильева // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. — 2023. — № 4. — С. 167—170. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.167.
4. Васильева С. В. Вычисление референтных интервалов для показателей тиреоидных гормонов и кортизола у лошадей / С. В. Васильева, Л. Ю. Карпенко // Международный вестник ветеринарии. — 2024. — № 1. — С. 287—294. DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.1.287.
5. Зеленецкий Н. В. Анатомия лошади : (атлас-учебник) : [в 3 т.] / Н. В. Зеленецкий ; Н. В. Зеленецкий. — Санкт-Петербург : ИКИ, 2007. — 21 с. ISBN 978-5-98976-001-5.
6. Физиология животных / Л. Ю. Карпенко, А. И. Енукашвили, Н. А. Панова [и др.]. — Уфа : Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2024. — 262 с. — ISBN 978-5-00177-930-8.
7. Лошади. Биологические основы. Использование. Пороки. Болезни : учебник / А. А. Стекольников, Г. Г. Щербаков, А. В. Яшин [и др.]. — Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2016. — 576 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978-5-8114-1996-8.
8. Содержание, кормление и болезни лошадей / А. А. Стекольников, Г. Г. Щербаков, Г. М. Андреев [и др.]. — Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2021. — 624 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978-5-8114-0689-0.
9. Карпенко Л. Ю. Влияние комплексного препарата Гемобаланс на биохимические показатели крови лошадей / Л. Ю. Карпенко, А. Б. Андреева // Ученые записки учреждения образования Витебская академия ветеринарной медицины. — 2007. — Т. 43. — № 1. — С. 89—92.
10. Использование лошадей и их болезни : учебник для спо / А. А. Стекольников, Л. Ф. Сотникова, О. Г. Шараскина [и др.]. — Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2021. — 580 с. ISBN 978-5-8114-7501-8.
11. Nikitkina E. V. Effect of ultra-low concentrations of benzimidazole derivative on equine sperm resistance to freezing / E. V. Nikitkina, K. V. Plemyashov, G. V. Shiryayev // Reproduction in Domestic Animals. — 2018. — Vol. 53. — № S2. — P. 93.
12. Трушкин В. А. Влияние кормовых добавок на некоторые показатели крови лошадей / В. А. Трушкин // Актуальные проблемы ветеринарной медицины и биотехнологии: Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Оренбург, 10 марта 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Министерство сельского хозяйства, торговли, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области, ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет. — Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2022. — С. 254—256.
13. Krueger C. R. Evaluation of plasma muscle enzyme activity as an indicator of lesion characteristics and prognosis in horses undergoing celiotomy for acute gastrointestinal pain / C. R. Krueger, A. Ruple-Czerniak, E. S. Hackett // BMC Veterinary Research. — 2014. — № 10 (Suppl 1). — P. 57—64.

Vasilyeva S., Vasiliev R., Prusakov A., Golodiaeva M.

Comparative assessment of the most important markers of equine myopathy in connection with creatine kinase activity

Abstract.

Purpose: to assess the activity of AST, LDH and HBDH enzymes in relation to different levels of total creatine phosphokinase activity to understand the degree of their diagnostic value in determining the severity of myopathy in horses.

Materials and methods. For the study, statistical processing of a data array of the results of a biochemical study of blood serum from 247 horses was carried out. Taking into account the reference intervals of CPK activity, all results were ranked by increasing creatine phosphokinase activity and divided into four groups. In each group, the average values for AST, LDH and HBDH were calculated, and the degree of significance of intergroup differences was calculated using the Student's *t* test. The correlation between the activity of the enzymes AST, LDH and HBDH with the activity of CPK in each group was also assessed.

Results. An increase in the activity of creatine phosphokinase in horses by 59,4–409,6 % is accompanied by an increase in the activity of the enzymes AST by 14,5–77,2 %, LDH by 17,8–33,0 % and HBDH by 17,1–27,1 %. When comparing Pearson's correlation coefficients across the entire study sample, a significant direct relationship is determined between CPK and AST and a moderate direct relationship when comparing CPK with LDH and HBDH. Calculation of the Pearson coefficient in each of the studied groups showed different degrees of correlation between the creatine phosphokinase indicator and other enzymes, but in all cases positive. A study of the percentage contribution of HBDH to the total lactate dehydrogenase activity showed an inversely proportional relationship with respect to the activity of creatine phosphokinase, which indicates massive muscle damage with switching energy metabolism in them.

Conclusion. The conducted studies made it possible to more deeply understand the cause-and-effect relationships of changes in the activity of enzymes that are specific to muscle tissue in connection with the severity of myopathy. The data obtained can assist veterinary specialists in analyzing the results of biochemical blood tests in horses.

Key words: horses; myopathy; enzymes; CPK; AST; LDH; HBDH; tissue specificity; blood serum; biochemical studies.

Authors:

Vasileva S. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: svvet@mail.ru;

Vasilev R. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: rmvpcrvet@yandex.ru;

Prusakov A. — Dr. Habil. (Vet. Sci.); Associate Professor, e-mail: prusakovv-av@mail.ru;

Golodyaeva M. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: www.fytbo93@mail.ru.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, St. Petersburg, Chernihiv str., 5.

References

1. Activity of transaminases and lactate dehydrogenase as metabolic indicators in horses of the sports direction of performance / A. V. Andriychuk, G. M. Tkachenko, I. V. Tkacheva, N. N. Kurgalyuk // Collection of scientific papers of the Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production. — 2014. — Vol. 2. — № 7. — P. 340–345.
2. Ushakova A. V. Study of normative intervals of serum transaminase activity in horses / A. V. Ushakova // Knowledge of young people for the development of veterinary medicine and the agro-industrial complex of the country: materials of the XII international scientific conference of students, graduate students and young scientists dedicated to the 215th anniversary of St. Petersburg State University of Medicine and Medicine, St. Petersburg, November 23-24, 2023. — Saint Petersburg: Yuliya Vladimirovna Perevoshchikova, 2023. — P. 408–410.
3. Vasilyeva S. V. Study of the relationship between liver transaminases and alkaline phosphatase with gamma-glutamyl transferase activity in horses / S. V. Vasilyeva // Normative and legal regulation in veterinary medicine. — 2023. — № 4. — P. 167–170. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.167.
4. Vasilyeva S. V. Calculation of reference intervals for thyroid hormones and cortisol in horses / S. V. Vasilyeva, L. Yu. Karpenko // International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2024. — № 1. — P. 287–294. DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.1.287.

5. Zelenevsky N.V. Horse Anatomy: (atlas-textbook): [in 3 volumes] / N.V. Zelenevsky; N.V. Zelenevsky. — St. Petersburg: ICC, 2007. — 21 p. ISBN 978-5-98976-001-5.
6. Physiology of animals / L. Yu. Karpenko, A. I. Enukashvili, N. A. Panova [etc.]. — Ufa: Limited Liability Company “Aeterna”, 2024. — 262 p. — ISBN 978-5-00177-930-8.
7. Horses. Biological basis. Usage. Vices. Diseases: textbook / A. A. Stekolnikov, G. G. Shcherbakov, A. V. Yashin [and others]. — Saint Petersburg: Lan Publishing House, 2016. — 576 p. — (Textbooks for universities. Specialized literature). ISBN 978-5-8114-1996-8.
8. Maintenance, feeding and diseases of horses / A. A. Stekolnikov, G. G. Shcherbakov, G. M. Andreev [et al.]. — St. Petersburg: Lan Publishing House, 2021. — 624 p. — (Textbooks for universities. Specialized literature). ISBN 978-5-8114-0689-0.
9. Karpenko L. Yu. Effect of the complex drug Hemobalance on the biochemical parameters of horse blood / L. Yu. Karpenko, A. B. Andreeva // Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. — 2007. — V. 43. — № 1. — P. 89–92.
10. Use of horses and their diseases: a textbook for spo / A. A. Stekolnikov, L. F. Sotnikova, O. G. Sharas’kina [and [etc.]]. — Saint Petersburg: Lan Publishing House, 2021. — 580 p. ISBN 978-5-8114-7501-8.
11. Nikitkina E. V. Effect of ultra-low concentrations of benzimidazole derivative on equine sperm resistance to freezing / E. V. Nikitkina, K. V. Plemyashov, G. V. Shiryayev // Reproduction in Domestic Animals. — 2018. — Vol. 53. — № S2. — P. 93.
12. Trushkin V. A. The influence of feed additives on some blood parameters of horses / V. A. Trushkin // Actual problems of veterinary medicine and biotechnology: Proceedings of the national scientific and practical conference with international participation, Orenburg, March 10, 2022 / Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Ministry of Agriculture, Trade, Food and Processing Industry of the Orenburg Region, Orenburg State University. - Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2022. — P. 254–256.
13. Krueger C. R. Evaluation of plasma muscle enzyme activity as an indicator of lesion characteristics and prognosis in horses undergoing celiotomy for acute gastrointestinal pain / C. R. Krueger, A. Ruple-Czerniak, E. S. Hackett // BMC Veterinary Research. — 2014. — № 10 (Suppl 1). — P. 57–64.