

Научная статья
УДК 636.1.088:612
doi:10.35694/YARCX.2024.67.3.011

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ В КРОВИ ТЯЖЕЛОВОЗНЫХ ЛОШАДЕЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ СКОРОСТНО-СИЛОВОЙ НАГРУЗКИ

**Светлана Александровна Зиновьева¹, Сергей Анатольевич Козлов²,
Сергей Сергеевич Маркин³**

^{1, 2, 3}Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия
¹pyhkarev@mail.ru, ORCID 0000-0003-0593-2344
²ksa64@mail.ru, ORCID 0000-0002-5699-7378
³markinss@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5575-8677

Реферат. Цель исследования состояла в выявлении особенностей реакции на скоростно-силовую нагрузку чистопородных тяжеловозных лошадей. В проведенном исследовании установлено, что прохождение рысью дистанции 2000 м с силой тяги 50 кг лошадьми советской тяжеловозной (4 головы) и владимирской (1 голова) пород активизирует механизмы аэробного и анаэробного обмена, что вполне соответствует характеристике работы скоростно-силовой направленности. При этом выполненная нагрузка не вызвала достоверно значимых изменений уровня основных показателей углеводного и энергетического обменов. Возрастание уровня сывороточной АЛТ у лошадей после нагрузки составило более 31%, тогда как АСТ – только 5,8%. Это свидетельствует об активной мобилизации гликогена из печени и эффективном использовании глюкозоаланинового шунта в целях компенсации имеющейся гипогликемии (уровень глюкозы на 68% ниже нормы) при интенсивном поглощении глюкозы тканями организма. В результате прохождения дистанции уровень лактата в крови лошадей хотя и увеличился достоверно значимо в сравнении с состоянием покоя, но не превысил значения, свидетельствующего о преимущественном использовании механизмов анаэробного энергообеспечения организма. В целом динамика величин биохимических показателей лошадей, прошедших испытание в виде скоростной доставки груза рысью, позволяет констатировать, что во-первых, данный вид испытаний не нанес ущерба их организму и не вызвал симптомов донозологического состояния, во-вторых, лошади были подготовлены к выполнению скоростно-силовой работы и вполне справились с ней.

Ключевые слова: нагрузки, биохимические показатели, обмен веществ и энергии, лошади тяжеловозных пород, ферменты, сыворотка крови

DYNAMICS OF CHANGES IN SOME BIOCHEMICAL MARKERS IN THE BLOOD OF HEAVY DRAFT HORSES UNDER THE INFLUENCE OF SPEED AND POWER LOAD

Svetlana A. Zinov'eva¹, Sergey A. Kozlov², Sergey S. Markin³

^{1, 2, 3}Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA by K. I. Skryabin, Moscow, Russia
¹pyhkarev@mail.ru, ORCID 0000-0003-0593-2344
²ksa64@mail.ru, ORCID 0000-0002-5699-7378
³markinss@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5575-8677

Abstract. The goal of research was to identify the features of the reaction to the speed and power load of purebred heavy draft horses. In the study, it was found that trotting a distance of 2000 m with a traction force of 50 kg by horses of the Soviet Heavy Draft (4 heads) and Vladimir (1 head) breeds activates the mechanisms of aerobic and anaerobic metabolism, which is quite consistent with the characteristics of the work of speed-power directivity. At the same time, the performed load did not cause reliably significant changes in the level of basic indicators of carbohydrate and energy metabolism. The increase in the level of serum ALT in horses after exercise was more than 31%, while AST was only 5.8%. This indicates the active mobilization of glycogen from

the liver and the effective use of glucose-alanine shunt in order to compensate for the existing hypoglycemia (glucose level is 68% lower than normal) with intensive absorption of glucose by body tissues. As a result of passing the distance, the level of lactate in the blood of horses, although it increased significantly in comparison with the state of rest, did not exceed the value indicating the predominant use of the mechanisms of anaerobic energy supply of the body. In general, the dynamics of the values of the biochemical indicators of horses that passed the test in the form of high-speed delivery of a load by trot allows us to state that, firstly, this type of test did not harm their body and did not cause symptoms of a pre-nosological state, secondly, the horses were prepared to perform high-speed power work and completely coped with it.

Keywords: loads, biochemical parameters, metabolism and energy, heavy draft horses, enzymes, blood serum

Введение. Смысл тренинга заключается в формировании структурно-функциональных перестроек и выработке способности совершать мышечную работу различных видов, длительности и интенсивности [1; 2; 3]. Регулярная и достаточно напряжённая двигательная нагрузка сопровождается значительными изменениями на физиологическом, биохимическом, органном и клеточном уровне, основное назначение которых заключается в обеспечении стабильности гомеостаза [4; 5; 6]. В многочисленных исследованиях выявлено, что, несмотря на большое разнообразие видов спорта и двигательных нагрузок, обнаруживается определённое сходство в направлении и глубине сдвигов гематологических и биохимических показателей в силу их связи с биоэнергетическими процессами [1; 7]. Установлено также, что в состоянии покоя биохимические различия между тренированным и нетренированным организмом могут быть мало выражены, но отчётливо проявляются при тестирующих нагрузках [4; 8]. Повышение мышечной работоспособности, происходящее с развитием тренированности, обусловлено, в первую очередь, совершенствованием процессов, возобновляющих запас АТФ в мышце. Хорошо известно, что физические нагрузки разной биоэнергетической направленности (анаэробный, анаэробно-аэробный и аэробный) характеризуются различием в используемых источниках энергии [1; 5]. Тренировки в соответствующих режимах приводят к адаптивным изменениям в системе энергетического метаболизма субстратов, усиливая их возможности, при этом отмечается их специфичность, проявляющаяся в избирательном использовании того или иного субстрата. Процессы адаптации организма к физическим нагрузкам тесно связаны с совершенствованием различных механизмов регуляции активности ферментов, прежде всего, цитолитических – АСТ и АЛТ [1; 4; 9; 10]. Содержание АЛТ в крови достоверно возрастает при физических нагрузках, имеющих анаэробно-аэробный характер и субмаксимальную мощность [1; 10]. Активность АЛТ определяется интенсивностью воздействия физической нагрузки (сила влияния – 26,5%), сроком физической нагрузки (сила влияния – 26,04%) и в большей мере их совместным

действием (сила влияния – 54,14%). Рост активности АСТ указывает на интенсификацию работы цикла трикарбоновых кислот, причём степень повышения не зависит от интенсивности и длительности нагрузки [4]. Исследования показали, что биохимический маркер – креатинфосфокиназа – можно рассматривать как информативный индикатор для оценки состояния скелетной мускулатуры спортсмена и организма в целом при воздействии тренировочных нагрузок [4; 5]. Высокие значения КФК могут быть сопряжены со значительным разрушением мышечной ткани в локальных участках мышечных групп и быть причиной получения тяжёлых травм опорно-двигательного аппарата спортсменов и лошадей [5; 11]. Установлено также, что для достижения высоких результатов требуется более повышенный уровень щелочной фосфатазы [5]. Этот фермент располагается на поверхности клеточных мембран, характеризуется многообразием функций, участвует в метаболизме фосфата, играет важную роль в процессе минерализации, участвует в процессе роста тканей, а её активность возрастает при развитии целого ряда жизненных процессов и при физических нагрузках, в частности.

Для полноценного функционирования организма в условиях двигательных нагрузок мышечная ткань нуждается в большом количестве энергии, одним из звеньев образования которой является внутриклеточный фермент ЛДГ, катализирующий окисление молочной кислоты в пируват и содержащийся практически во всех клетках организма. ЛДГ наиболее активна в скелетной мускулатуре и сердечной мышце, вследствие чего является важным биохимическим диагностическим тестом для оценки работы мышечной ткани [12]. Содержание молочной кислоты (лактата) в крови существенно возрастает при выполнении интенсивной физической работы. При этом накопление её в крови совпадает с усиленным образованием в мышцах. Во многих исследованиях установлено, что значительные концентрации молочной кислоты в крови после выполнения максимальной работы свидетельствуют о более высоком уровне тренированности при хорошем спортивном результате или о большей метаболической ёмкости гликолиза, большей устойчивости

его ферментов к смещению рН в кислую сторону [5; 12]. Накопление лактата, естественного для анаэробного гликолиза вещества, в плазме свидетельствует об истощении окислительного метаболического потенциала вследствие возрастания энергетических потребностей. Образование лактата временно заменяет аэробный метаболизм глюкозы и переносит этот процесс из мышц в печень [8]. Учитывая огромную роль, которую играет гамма-глутамилтрансфераза, при количественном дефиците или функциональной ригидности ГГТ-системы, высоковероятно развитие синдромов капилляро-трофической недостаточности или гистогематического синдрома, а также многообразных проявлений дисрегуляторной патологии. Следовательно, закономерен интерес к динамике активности ГГТ при тренинге и физических нагрузках различного вида, а особенно при угрозе развития перетренированности и преморбитного состояния [13; 14; 15; 16; 17]. Таким образом, проведённый обзор научных источников, посвящённых анализу проблем использования различных биохимических маркеров для характеристики состояния тренируемого организма, показывает, что интенсивные физические нагрузки сопряжены со значительными изменениями в статусе многих параметров, помимо биохимических [11; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21]. Эта взаимосвязь у тренируемых лошадей тяжелоовозных пород остаётся практически не изученной и требует проведения серьёзных и глубоких исследований.

В связи с этим цель нашего исследования состояла в установлении динамики изменений некоторых биохимических маркеров у тяжелоовозных лошадей под влиянием скоростно-силовой нагрузки.

Материал и методика исследования. В исследовании были задействованы 5 клинически здоровых жеребцов крупных тяжелоовозных пород, которые прошли предварительный тренинг по программе тяжелоовозного троеборья [22]. Спортивная нагрузка состояла в прохождении рысью с силой тяги 50 кг дистанции 2000 м. Взятие крови осуществляли до нагрузки и в течение 10–15 минут после её окончания. Определение биохимических показателей производили в ветеринарной лаборатории на автоматическом анализаторе. Цифровой материал обработан методом статистических вычислений, достоверность разности сравниваемых величин определена с помощью критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Для характеристики воздействия на организм физических нагрузок принято использовать биохимические показатели, отражающие разные виды обмена веществ и энергии. Считается, что динамика изменений выбранных биохимических маркеров должна быть

чётко выражена и соответствовать виду и интенсивности нагрузки. Необходимая для мышечного сокращения энергия вырабатывается митохондриями, интенсивность работы которых отражается на содержании некоторых биохимических показателей в крови. Такими маркерами служат, прежде всего, креатинфосфаткиназа и креатинин, участвующие в процессе извлечения фосфатных субстратов из клеток.

Активность креатинфосфаткиназы соответствует интенсивности работы митохондрий, напряжённости тканевого дыхания, а в целом свидетельствует о степени готовности организма к тренировочным нагрузкам. Установленный у лошадей высокий уровень КФК (не менее чем на 50% выше нормы) как в состоянии покоя, так и после нагрузки может служить маркером активности защитно-компенсаторных процессов (табл. 1).

АСТ является основным энзимом, связывающим через цикл трикарбоновых кислот все виды обмена веществ, доминирует в производстве метаболитов для глюконеогенеза. Высокий (выше физиологической нормы) уровень АСТ у лошадей накануне и после нагрузки отражает активность процессов катаболизма, интенсификацию цикла трикарбоновых кислот и степень разогрева митохондрий.

АЛТ – маркер активности глюкозоаланинового шунта, способствующего объединению углеводного и белкового обмена. Этот фермент курирует метаболические пути образования энергетических субстратов через пировиноградную кислоту и аланин. При мышечной работе, носящей анаэробно-аэробный характер, активность АЛТ особенно высока. Так, возрастание уровня АЛТ в крови лошадей после нагрузки составило более 31%, тогда как АСТ – только на 5,8%. Факт роста содержания АЛТ в крови принято рассматривать как признак патологических процессов в печени, но при физической нагрузке активность этого фермента отражает активацию глюкозоаланинового шунта в целях компенсации имеющейся гипогликемии (уровень глюкозы на 68% ниже нормы), установленный у лошадей, в свою очередь, свидетельствует об интенсивном поглощении глюкозы тканями организма, а также об активной мобилизации гликогена из печени. Нормальное состояние антитоксической функции печени подтверждается низким уровнем прямого билирубина.

Щелочная фосфатаза – фермент, осуществляющий отщепление фосфатной группы от органических молекул, участвующий в переносе фосфора через цитоплазматическую мембрану, её концентрация в крови соответствует скорости обновления клеток, а повышение их – усиленному распаду. Особенностью динамики щелочной фосфатазы является постоянное поддержание

Таблица 1 – Динамика изменения некоторых показателей крови лошадей в результате выполнения скоростно-силовой нагрузки

Показатель	До нагрузки	После нагрузки	Референсные значения
Креатинфосфокиназа (КФК), ед/л	426,2±51,60	496,5±79,06	113–333
Аспартатаминотрансфераза (АСТ), ед/л	529,4±82,21	560,11±57,64	152–294
Аланинаминотрансфераза (АЛТ), ед/л	15,6±0,84	20,46±3,96	4–12
Щелочная фосфатаза (ЩФ), ед/л	269,89±32,81	313,00±24,54	102–257
Лактатдегидрогеназа (ЛДГ), ед/л	1104,47±71,73	1189,88±173,37	137–381
Гамма-глутамилтрансфераза (ГГТ), ед/л	18,10±2,95	17,95±2,70	9–25
Креатинин, мкмоль/л	126,85±7,48	144,80±9,15	88–168
Глюкоза, ммоль/л	2,50±0,22	2,59±0,21	4,2–7,0
Прямой билирубин, мкмоль/л	3,22±0,57	4,87±1,96	3,0–14,0
Лактат, ммоль/л	0,87±0,04	2,87±0,83*	1,0–1,5

Примечание: * – разность достоверна при $P \geq 0,95$.

стабильности фонда неорганического фосфата, который, в свою очередь, обеспечивает постоянство кислотно-основного равновесия крови за счёт его фосфатного компонента. Физическая нагрузка вызвала не столь значительный рост содержания ЩФ в крови: в сравнении с состоянием покоя повышение составило 16%, а с верхней границей нормы – около 22%.

Лактатдегидрогеназа – фермент, участвующий в реакциях окисления глюкозы и переработки молочной кислоты, он не накапливается в клетках, а полностью расщепляется. Уровень активности ЛДГ считается мерилем готовности организма к осуществлению физической работы, но также служит маркером повреждения тканей и разрушения клеток. Изначально высокая активность в крови лошадей этого энзима, а также незначительная его динамика под действием нагрузки указывает на максимально задействованный процесс анаэробного гликолиза, направленный на конвертацию в печени молочной кислоты в глюкозу. Поддержание высокой концентрации ЛДГ в крови лошадей указывает на их достаточную подготовку к перенесению скоростно-силовых нагрузок.

ГГТ участвует в обмене аминокислот и синтезе белка, облегчая трансмембранный перенос веществ, регулируя поддержание внутриклеточного аминокислотного резерва, определяет проницаемость гемато-энцефалического барьера и других мембран. Изоферментный комплекс ГГТ поддерживает баланс нейромедиаторов при перенапряжении, нагрузках и стрессах различной природы. Поэтому сохранение активности ГГТ в рамках референсного коридора, установленное у лошадей до и после нагрузки, указывает на отсутствие донозологических проблем в состоянии их организма.

Лактат является конечным продуктом анаэробного гликолиза и гликогенолиза, а также суб-

стратом глюконеогенеза. Рост содержания лактата в крови отмечается при усиленных мышечных сокращениях и после интенсивной физической нагрузки. По изменению содержания лактата в крови определяют анаэробные гликолитические возможности, развитие двигательных качеств и степень восстановления организма. Уровень лактата в крови лошадей в результате прохождения дистанции, хотя, и увеличился достоверно значимо в сравнении с состоянием покоя, не превысил значения, свидетельствующего о переходе порога анаэробного обмена. Поскольку рост содержания молочной кислоты в крови принято соотносить со способностью организма к перенесению физических нагрузок, то следует заключить, что организм тяжеловозных лошадей подготовлен к скоростно-силовой работе и вполне справился с ней.

Выводы. Скоростно-силовая нагрузка не вызвала достоверно значимых изменений уровня основных показателей углеводного энергетического и энергетического обменов у лошадей крупных тяжеловозных пород. Возрастание уровня АЛТ в крови лошадей после нагрузки составило более 31%, тогда как АСТ – только 5,8%, что свидетельствует об активной мобилизации гликогена из печени и задействовании глюкозоаланинового шунта в целях компенсации имеющейся гипогликемии (уровень глюкозы на 68% ниже нормы) при интенсивном поглощении глюкозы тканями организма. В результате прохождения дистанции уровень лактата в крови лошадей хотя и увеличился достоверно значимо в сравнении с состоянием покоя, но не превысил значения, свидетельствующего о преодолении порога анаэробного обмена. Прохождение рысью дистанции 2000 м с силой тяги 50 кг активизирует механизмы аэробного и анаэробного обмена в организме лошадей, что вполне соответствует характеристике скоростно-силовой нагрузки.

Список источников

1. Платонов В. Н. Теория и методика спортивной тренировки. Киев : Вища школа, 1984. 350 с.
2. Зиновьева С. А., Козлов С. А., Маркин С. С. Теоретические основы скоростно-силового тренинга лошадей тяжеловозных пород // Коневодство и конный спорт. 2024. № 2. С. 26–29. DOI 10.25727/HS.2024.2.60839. EDN QICZPF.
3. Зиновьева С. А., Козлов С. А., Маркин С. С., Зайцев А. М. Характеристика состояния организма лошадей на подготовительной стадии рысистого тренинга // Коневодство и конный спорт. 2019. №6. С. 15–17. DOI 10.25727/HS.2019.6.42528. EDN KLXMYA.
4. Ермолаева Е. Н., Кривохижина Л. В. Индикаторы повреждения при физических нагрузках различной интенсивности // Фундаментальные исследования. 2015. № 1-9. С. 1815–1821. EDN UAHNAP.
5. Чуксеева Г. П., Лиходеева В. А., Серединцева Н. В. Биохимия физических упражнений. Волгоград : ВГАФК, 1999. 153 с.
6. Маркин С. С., Зиновьева С. А., Козлов С. А. Влияние скоростно-силовой нагрузки на некоторые метаболические и энзимологические показатели у лошадей крупных тяжеловозных пород // Коневодство и конный спорт. 2022. № 3. С. 14–17. DOI 10.25727/HS.2022.3.60555. EDN TKJGFO.
7. Чебураев В. С., Легостаев Г. Н., Изаак С. И., Чибизова Т. В. Изучение изменений отдельных физиологических показателей девушек под влиянием занятий аэробикой // Теория и практика физической культуры. 2002. № 6. С. 17–19. EDN SGAVLN.
8. Шибанов М. А. Аэробные и анаэробные зоны // Молодой ученый. 2023. № 22 (469). С. 499–502. EDN ZLEXTA.
9. Зиновьева С. А., Козлов С. А., Маркин С. С. Динамика некоторых биохимических показателей крови лошадей, выполняющих скоростно-силовую нагрузку // Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса арктических территорий : материалы докладов науч.-практ. конф. с международ. участием / под общей редакцией Л. П. Корякиной. Якутск : Дани-Алмас, 2021. С. 234–238. ISBN 978-5-91441-313-9.
10. Зиновьева С. А., Козлов С. А., Маркин С. С. Реакция организма лошадей рысистых и тяжеловозных пород на скоростно-силовую нагрузку // Коневодство и конный спорт. 2022. № 2. С. 17–20. DOI 10.25727/HS.2022.2.60369. EDN PYKZQV.
11. Зиновьева С. А., Козлов С. А., Маркин С. С. Характеристика физиологического статуса тяжелоупряжных лошадей, подготовленных к участию в испытаниях по доставке груза // Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2020. Вып. 292, Ч. IV. С. 289–293. EDN SAMPIN.
12. Сивохин И. П., Агеев О. В., Орехов Л. И. [и др.] Изменение лактата на тренировочную нагрузку в микроцикле подготовки тяжелоатлетов // Теория и методика физической культуры. 2012. № 2 (29). С. 68–73.
13. Чернобровкина Т. В., Кершенгольц Б. М. Роль гамма-глутамилтрансферазы в адаптиогенезе и общей резистентности организма человека, реализуемая посредством участия в нейромедиаторном балансе и структурно-регуляторных функциях соединительной ткани (часть I) // Наука и образование. 2015. № 1 (77). С. 100–109. EDN TTIJFT.
14. Козлов С. А., Зиновьева С. А., Маркин С. С. Реакция сердечно-сосудистой системы рысистых лошадей разного пола на мышечные нагрузки ипподромного тренинга и призовых выступлений // Научно-технический прогресс в коневодстве : сб. науч. тр. Рязань : Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства Российской академии сельскохозяйственных наук, 2010. Т. 52. С. 228–234. EDN UXZCOF.
15. Зиновьева С. А., Гусева О. Н., Маркин С. С., Козлов С. А. Использование клинических показателей для мониторинга состояния организма рысистых лошадей, проходящих ипподромные испытания // Экологические и селекционные проблемы племенного коневодства : науч. труды / под общ. ред. академика МАНЭБ Е. Я. Лебедько. Брянск : Брянская государственная сельскохозяйственная академия, 2011. Вып. 9. С. 69–72. EDN VNCGMZ.
16. Зиновьева С. А., Козлов С. А., Маркин С. С., Гусева О. Н. Изменение количества тромбоцитов в крови рысистых лошадей в период ипподромного тренинга // Коневодство и конный спорт. 2012. № 2. С. 19–21. EDN OXNJCN.
17. Ганеева Е. А., Надымова Д. А. Гликемия при физической нагрузке // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 4-2. С. 214–216. EDN XNNFDF.
18. Козлов С. А., Зиновьева С. А., Маркин С. С. Оценка состояния различных звеньев иммунной системы тяжеловозных лошадей на заключительном этапе скоростно-силового тренинга // Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. Вып. 292, Ч. IV. М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. С. 345–349. EDN UGYAXP.

19. Маркин С. С., Зиновьева С. А., Козлов С. А. Использование интегральных лейкоцитарных индексов для характеристики влияния соревновательных нагрузок на организм молодых упряжных лошадей // Иппология и ветеринария. 2021. № 2 (40). С. 29–36. EDN OGCCBC.

20. Зиновьева С. А., Козлов С. А., Маркин С. С. Особенности скаковой карьеры кобыл чистокровной верховой породы, имеющих тип полиморфизма гена миостатина C/C // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 4 (64). С. 69–73. DOI 10.35694/YARCX.2023.64.4.009. EDN GGVVNL.

21. Маркин С. С., Зиновьева С. А., Козлов С. А. Дистанционная специализация лошадей, несущих разный вариант гена миостатина // Современные проблемы зоотехнии : сб. тр. по материалам Международ. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора Бакай Анатолия Владимировича (1946-2020) в рамках Года науки и технологий Российской Федерации по тематике «Генетика и качество жизни» (Москва, 14 декабря 2021 г.). М. : ЗооВетКнига, 2022. С. 107–112. EDN VVPSJC.

22. Карлсен Г. Г., Воейков А. Б. Наставление по тренировке и испытаниям племенных лошадей тяжелоупряжных пород. Дивово : ФГБНУ «ВНИИ коневодства», 2017. 42 с.

References

1. Platonov V. N. Teoriya i metodika sportivnoj trenirovki. Kiev : Vishcha shkola, 1984. 350 s.

2. Zinov'eva S. A., Kozlov S. A., Markin S. S. Teoreticheskie osnovy skorostno-silovogo treninga loshadej tyazhelovoznyh porod // Konevodstvo i konnyj sport. 2024. № 2. S. 26–29. DOI 10.25727/HS.2024.2.60839. EDN QICZPF.

3. Zinov'eva S. A., Kozlov S. A., Markin S. S., Zajtsev A. M. Harakteristika sostoyaniya organizma loshadej na podgotovitel'noj stadii rysistogo treninga // Konevodstvo i konnyj sport. 2019. №6. S. 15–17. DOI 10.25727/HS.2019.6.42528. EDN KLXYMA.

4. Ermolaeva E. N., Krivokhizhina L. V. Indikatory povrezhdeniya pri fizicheskikh nagruzkah razlichnoj intensivnosti // Fundamental'nye issledovaniya. 2015. № 1-9. S. 1815–1821. EDN UAHHP.

5. Chukseeva G. P., Likhodeeva V. A., Seredintseva N. V. Biohimiya fizicheskikh uprazhnenij. Volgograd : VGAFK, 1999. 153 s.

6. Markin S. S., Zinov'eva S. A., Kozlov S. A. Vliyanie skorostno-silovoj nagruzki na nekotorye metabolicheskie i enzimologicheskie pokazateli u loshadej krupnyh tyazhelovoznyh porod // Konevodstvo i konnyj sport. 2022. № 3. S. 14–17. DOI 10.25727/HS.2022.3.60555. EDN TKJGFO.

7. Cheburaev B. C., Legostaev G. N., Izaak S. I., Chibizova T. V. Izuchenie izmenenij ot del'nyh fiziologicheskikh pokazatelej devushek pod vliyaniem zanyatij aerobikoj // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2002. № 6. S. 17–19. EDN SGAVLN.

8. Shibanov M. A. Aerobnye i anaerobnye zony // Molodoj uchenyj. 2023. № 22 (469). S. 499–502. EDN ZLEXTA.

9. Zinov'eva S. A., Kozlov S. A., Markin S. S. Dinamika nekotoryh biohimicheskikh pokazatelej krovi loshadej, voplnyayushchih skorostno-silovuyu nagruzku // Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya agropromyshlennogo kompleksa arkticheskikh territorij : materialy dokladov nauch.-prakt. konf. s mezhdunarod. uchastiem / pod obshchej redakciej L. P. Koryakinoj. Yakutsk : Dani-Almas, 2021. S. 234–238. ISBN 978-5-91441-313-9.

10. Zinov'eva S. A., Kozlov S. A., Markin S. S. Reakciya organizma loshadej rysistyh i tyazhelovoznyh porod na skorostno-silovuyu nagruzku // Konevodstvo i konnyj sport. 2022. № 2. S. 17–20. DOI 10.25727/HS.2022.2.60369. EDN PYKZQV.

11. Zinov'eva S. A., Kozlov S. A., Markin S. S. Harakteristika fiziologicheskogo statusa tyazheloupryaznyh loshadej, podgotovlennyh k uchastiyu v ispytaniyah po dostavke gruzha // Doklady TSKHA, Moskva, 03–05 dekabrya 2019 goda. M. : Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSKHA im. K. A. Timiryazeva, 2020. Vyp. 292, Ch. IV. S. 289–293. EDN SAMPIN.

12. Sivokhin I. P., Ageev O. V., Orekhov L. I. [i dr.] Izmenenie laktata na trenirovochnuyu nagruzku v mikrocikle podgotovki tyazheloatletov // Teoriya i metodika fizicheskoy kul'tury. 2012. № 2 (29). S. 68–73.

13. Chernobrovkina T. V., Kershengol'ts B. M. Rol' gamma-glutamyltransferazy v adaptaciogeneze i obshchej rezistentnosti organizma cheloveka, realizuemaya posredstvom uchastiya v nejromediatornom balanse i strukturno-regulyatornyh funkciyah soedinitel'noj tkani (chast' I) // Nauka i obrazovanie. 2015. № 1 (77). S. 100–109. EDN TTIJFT.

14. Kozlov S. A., Zinov'eva S. A., Markin S. S. Reakciya serdechno-sosudistoj sistemy rysistyh loshadej raznogo pola na myshechnye nagruzki ippodromnogo treninga i prizovyh vystuplenij // Nauchno-tehnicheskij progress v konevodstve : sb. nauch. tr. Ryazan' : Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut konevodstva Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk, 2010. T. 52. S. 228–234. EDN UXZCOF.

15. Zinov'eva S. A., Guseva O. N., Markin S. S., Kozlov S. A. Ispol'zovanie klinicheskikh pokazatelej dlya monitoringa sostoyaniya organizma rysistykh loshadej, prohodyashchih ippodromnye ispytaniya // *Ekologicheskie i selekcionnye problemy plemennogo konevodstva : nauch. trudy / pod obshch. red. akademika MANEB E. Ya. Lebed'ko. Bryansk : Bryanskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2011. Vyp. 9. S. 69–72. EDN VNCGMZ.*
16. Zinov'eva S. A., Kozlov S. A., Markin S. S., Guseva O. N. Izmenenie kolichestva trombocitov v krovi rysistykh loshadej v period ippodromnogo treninga // *Konevodstvo i konnyj sport. 2012. № 2. S. 19–21. EDN OXNJCN.*
17. Ganeeva E. A., Nadyмова D. A. Glikemiya pri fizicheskoj nagruzke // *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik. 2018. № 4-2. S. 214–216. EDN XNNFDF.*
18. Kozlov S. A., Zinov'eva S. A., Markin S. S. Ocenka sostoyaniya razlichnyh zven'ev immunoj sistemy tyazhelovoznykh loshadej na zaklyuchitel'nom etape skorostno-silovogo treninga // *Doklady TSKHA, Moskva, 03–05 dekabrya 2019 goda. Vyp. 292, Ch. IV. M. : Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2020. S. 345–349. EDN UGYAXP.*
19. Markin S. S., Zinov'eva S. A., Kozlov S. A. Ispol'zovanie integral'nykh lejkocitarnykh indeksov dlya harakteristiki vliyaniya sorevnovatel'nykh nagruzok na organizm molodykh upryazhnykh loshadej // *Ippologiya i veterinariya. 2021. № 2 (40). S. 29–36. EDN OGCCBC.*
20. Zinov'eva S. A., Kozlov S. A., Markin S. S. Osobennosti skakovoj kar'ery kobyly chistokrovnoj verhovoj porody, imeyushchih tip polimorfizma gena miostatina S/S // *Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 4 (64). S. 69–73. DOI 10.35694/YARCX.2023.64.4.009. EDN GGVVNL.*
21. Markin S. S., Zinov'eva S. A., Kozlov S. A. Distancionnaya specializaciya loshadej, nesushchih raznyj variant gena miostatina // *Sovremennye problemy zootehnii : sb. tr. po materialam Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 75-letiyu so dnya rozhdeniya doktora sel'skohozyajstvennykh nauk, professora Bakaj Anatoliya Vladimirovicha (1946-2020) v ramkah Goda nauki i tekhnologij Rossijskoj Federacii po tematike «Genetika i kachestvo zhizni» (Moskva, 14 dekabrya 2021 g.). M. : ZooVetKniga, 2022. S. 107–112. EDN VVPSJC.*
22. Karlsen G. G., Voejkov A. B. Nastavlenie po trenirovke i ispytaniyam plemennykh loshadej tyazheloupryazhnykh porod. Divovo : FGBNU «VNII konevodstva», 2017. 42 s.

Сведения об авторах

Светлана Александровна Зиновьева – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», spin-код: 1423-6145.

Сергей Анатольевич Козлов – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», spin-код: 2246-0929.

Сергей Сергеевич Маркин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», spin-код: 9084-0600.

Information about the authors

Svetlana A. Zinov'eva – Candidate of Biological Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Private Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin", spin-code: 1423-6145.

Sergey A. Kozlov – Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Private Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin", spin-code: 2246-0929.

Sergey S. Markin – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Private Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin", spin-code: 9084-0600.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.