

Великодная Елизавета Константиновна

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ
НА ИММУНО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СПОРТИВНЫХ
ЛОШАДЕЙ**

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и
токсикология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата ветеринарных наук

Санкт-Петербург
2026

Работа выполнена на кафедре биохимии и физиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

Научный руководитель – Карпенко Лариса Юрьевна,
доктор биологических наук, профессор.

**Официальные
оппоненты:** **Концевая Светлана Юрьевна,**
доктор ветеринарных наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет», кафедра
ветеринарной интернатуры, заведующий
кафедрой;

Чернигова Светлана Владимировна,
доктор ветеринарных наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Омский государственный
аграрный университет им. П. А. Столыпина»,
институт ветеринарной медицины и
биотехнологии, директор.

**Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный аграрный университет».**

Защита состоится «24» ноября 2026 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.034.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» по адресу: 190684, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5, тел. 8(812) 388-36-31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО СПбГУВМ по адресу: 190684, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5., и на официальном сайте <https://spbguvm.ru>

Автореферат разослан « » _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Хватов
Виктор Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из направлений использования лошадей является конный спорт (Алексеева, Е. И., 2016; Стекольников, А. А., Щербаков, Г. Г., Яшин, А. В., и др., 2016; Чернигова, С. В., Сучков, М. В., Зубкова, Н. В., и др., 2022; Шараськина, О. Г., 2025).

Тренинг и испытания молодняка являются неотъемлемой частью селекционно-племенной работы в коневодстве (Оришев, З. Х., 2008; Алексеева, Е. И., Дорофеева, Н. В., Головина, Т. Н., 2020). Спортивная подготовка лошадей требует постоянного контроля процессов адаптации их организма к предъявляемому уровню физической нагрузки (Чернигова, С. В., Чернигов, Ю. В., Бабаков, Н. В., 2017; Косорыгина, К. Ю., Тарасова, Л. В., 2024).

Вопросы сохранения высокого уровня состояния здоровья лошадей с каждым годом становятся всё более актуальными (Грызлова, А. В., Зеленовский, Н. В., Билевич, Д. В. и др., 2016; Щипакин, М. В., Дугучиев, И. Б., Зеленовский, Н. В. и др., 2017; Енгашев, С. В., Енгашева, Е. С., Белова, Л. М. и др., 2018; Васильева, С. В., Прусаков, А. В., Голодяева, М. С., 2024).

Непрерывный рост спортивных достижений требует выполнения тренировочных нагрузок всё большего объема и интенсивности. Это делает более сложным индивидуализацию тренировочной нагрузки в процессе достижения её оптимального уровня. Использование универсальных схем подготовки лошадей может привести к срыву адаптационных механизмов и развитию патологических процессов в различных системах их организма. Наиболее часто это проявляется в патологиях дыхательной системы, желудочно-кишечного тракта, а также нарушении обмена веществ. Заболевания желудочно-кишечного тракта, сопровождающиеся симптомокомплексом колик, у лошадей занимают ведущие позиции среди причин смерти взрослых лошадей (Концевая, С. Ю., Дерхо М. А., Мансурова, Л. Р., 2007; Кудряшов, А. А., Миронов, В. А., 1994; Романова, О. В., Кудряшов, А. А., 2010; Концевая, С. Ю., Пекуровский Д. А., Моисеева, М. А., и др., 2013; Науменко, И. Б., Демин, В. А., Цыганок, И. Б. и др., 2021; Великодная Е. К., Солодилова С. Ю., 2025).

Чтобы объективно оценить реакцию спортивной лошади на выполненную работу, необходимо знать общие принципы изменений, происходящих в её организме при адаптации к физической нагрузке различной интенсивности (Сергиенко, В. С., 2008).

Адаптация организма к мышечной деятельности носит фазный характер. Выделяют два этапа адаптации в зависимости от характера и времени реализации приспособительных изменений в организме – срочный и долговременный (Меерсон, Ф. З., Пшенникова, М. Г., 1988).

Этап срочной адаптации является реакцией организма на однократное воздействие физической нагрузки. При этом во время мышечной работы осуществляются такие процессы, как: мобилизация энергетических ресурсов; транспорт кислорода и субстратов окисления к работающим мышцам; удаление конечных продуктов реакций энергетического обмена; создание условий для

пластического обеспечения работы мышц. Срочную адаптацию организма отражает изменение лабораторных показателей после физической нагрузки (Меерсон, Ф. З., Пшенникова, М. Г., 1988; Тамбовцева, Р. А., 2015; Селезнева, И. С., Иванцова, М. Н., 2019).

Этап долговременной адаптации сопровождается структурными и функциональными изменениями в организме, приводящими к росту его возможностей. Развивается этот этап в результате многократной реализации срочной адаптации. В процессе долговременной адаптации под влиянием физических нагрузок усиливается синтез нуклеиновых кислот и белков, это приводит к ускоренному образованию клеточных структур и росту мощности их функционирования. Под влиянием мышечной нагрузки увеличивается сократительная активность мышц, что приводит к росту концентрации макроэргических фосфатов в клетке. Эти процессы стимулируют синтез аденозинтрифосфата и восстанавливают нарушенный баланс макроэргов в мышце, что составляет начальное звено срочной адаптации. Срочные адаптационные процессы вызывают усиленный синтез нуклеиновых кислот и белков в результате воздействия на определенные структуры мышц таких соединений, как креатин, циклический аденозинмонофосфат, стероидные и некоторые пептидные гормоны. Долговременную адаптацию отражают изменения, которые мы можем обнаружить у животного в полном покое, а также напряженность и скорость изменения показателей при срочной адаптации и скорость их возвращения к прежним значениям (Меерсон, Ф. З., Пшенникова, М. Г., 1988; Тамбовцева, Р. А., 2015; Селезнева, И. С., Иванцова, М. Н., 2019).

Адаптационные механизмы повышают работоспособность и спортивный потенциал. Чтобы подготовить лошадь к максимальной резвости, важно знать характер и закономерность этих изменений (Ласков, А. А., 1982; Сергиенко, Г. Ф., 1998; Петрикеева, Л. В., 2017), что до настоящего времени не до конца изучено. Учитывая данное обстоятельство выбранная нами тема исследования является актуальной.

Степень разработанности темы. Под влиянием физической нагрузки в организме лошади изменяются мышечная система, микробиом кишечника, многие биохимические и иммунологические показатели, костная система, работа печени, сердца, центральной нервной системы и т.д. (Сергиенко, Г. Ф., 1998; Петрикеева, Л. В., 2017).

Вопрос адаптации организма лошади к физической нагрузке достаточно изучен. В настоящее время ведётся поиск и разработка новых методов повышения их работоспособности при сохранении здоровья (Послов, Г. А., 1999; Козлов, С. А., 2000; Романова, О. В., 2000; Карюк, Е. А., 2004; Полякова, Е. В., 2004; Сергиенко, В. С., 2008; Мансурова, Л. Р., 2009; Иванова, Н. В., 2011).

Работоспособность лошади, высокие спортивные результаты и эффективность восстановления после нагрузок, в значительной степени зависят от особенностей состава рациона. Поиск альтернативных видов кормов и кормовых добавок, специальная подготовка и обработка для увеличения эффективности их энергетического действия, а также оценка их влияния на

показатели работоспособности – задачи, которые на современном этапе требуют решения (Шараськина, О. Г., 2022; Шараськина, О. Г., Алексеева, Е. И., 2024).

Изучением конных дистанционных пробегов занимались многие российские и иностранные ученые (Андрейчук, А. В., Ткачева, И. В., Ткаченко, Г. М. и др., 2014; Петрикеева, Л. В., 2017; Семенов, Б. С., Гусева, В. А., Кузнецова, Т. Ш. и др., 2022; Fraipont, A., Erck, E. V., Ramery, E. и др., 2012; Klobucar, K., Vrbanac, Z., Gotic, J. и др., 2019; Page, A. E., Stewart, J. C., Fielding, C. L. и др., 2019; Chang, X., Zhang, Z., Yao, X., 2025). Это востребованный и активно развивающийся вид конного спорта в Российской Федерации и в мире (Великодная, Е. К., Карпенко, Л. Ю., 2025; Козлов, С. А., Зиновьева, С. А., Маркин, С. С., 2025).

Арабская порода лошадей, являясь одной из древнейших пород в мире, продолжает активно исследоваться и современными учёными (Васильева, А. П., 2011; Калинкова, Л. В., 2017; Петрикеева, Л. В., 2017; Халилов, Р. А., Королева, Г. В., Шемарыкин, А. Е., 2019; Калинкова, Л. В., Шемарыкин, А. Е., 2020; Шемарыкин, А. Е., 2022; Шешулина, Т. Б., 2025; Ricard, A., Touvais, M., 2007; Ropka-Molik, K., Stefaniuk-Szmukier, M., Musial, A. D. и др., 2019).

Представители породы успешно участвуют в соревнованиях по пробегам и создают серьёзную конкуренцию лошадям других пород (Калинкова, Л. В., 2017; Калинкова, Л. В., Шемарыкин, А. Е., 2020; Шемарыкин, А. Е., 2022; Ricard, A., Touvais, M., 2007).

Однако, исследований с системным подходом, где одновременно изучаются изменения комплекса биохимических, эндокринологических и иммунологических показателей в ответ на физическую нагрузку разной интенсивности, на сегодняшний день нет.

Таким образом, исследование, направленное на изучение влияния физической нагрузки на организм спортивных лошадей арабской породы в дисциплине дистанционные пробеги имеет значение с научной и практической точки зрения, является актуальным и значимым.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – изучить динамику основных биохимических, морфологических, иммунологических показателей организма спортивных лошадей и состав кишечного микробиома при разной интенсивности физической нагрузки и научно обосновать применение пробиотика для повышения работоспособности спортивных лошадей.

Задачи:

1. Установить влияние физической нагрузки разной интенсивности на морфологические, биохимические, эндокринологические, иммунологические показатели и антиоксидантную защиту крови спортивных лошадей;
2. Определить влияние физической нагрузки разной интенсивности на кардиомаркеры;
3. Выявить влияние физической нагрузки разной интенсивности на изменения микрокристаллизации слюны спортивных лошадей;
4. Дать характеристику микробиома кишечника лошадей и его изменениям под влиянием физической нагрузки разной интенсивности;

5. Научно обосновать эффективность применения пробиотика с целью повышения работоспособности спортивных лошадей;

6. Провести корреляционный анализ зависимости между изученными показателями.

Научная новизна и ценность полученных результатов.

– впервые проведена комплексная оценка состояния организма лошадей при физической нагрузке разной интенсивности;

– впервые проведен корреляционный анализ между показателями организма лошадей после длительной аэробной нагрузки;

– впервые изучено влияние длительной аэробной нагрузки на изменение морфологических, биохимических, эндокринологических, антиоксидантных, иммунологических показателей крови спортивных лошадей арабской породы;

– впервые изучено влияние нагрузки разной интенсивности на изменение морфологических, биохимических, эндокринологических, антиоксидантных, иммунологических показателей крови спортивных лошадей арабской породы;

– получены данные об изменении концентрации сердечного тропонина I после физической нагрузки разной интенсивности;

– уточнены и дополнены данные о терапевтической эффективности применения пробиотиков для коррекции иммуно-биохимических показателей спортивных лошадей;

– впервые получены данные об изменении рисунка микрокристаллизации слюны под влиянием длительной аэробной нагрузки;

– расширены сведения об изменении кишечного микробиома спортивных лошадей при физической нагрузке разной интенсивности.

Теоретическая и практическая значимость работы. Данные, полученные в результате исследования, способствуют расширению теоретической базы в области изучения физиологических особенностей адаптации лошадей к физической нагрузке. В работе раскрывается значение показателей крови, необходимых для оценки реакции организма лошадей арабской породы на длительную аэробную нагрузку.

Работа позволяет перейти от эмпирического подхода в оценке переносимости организмом лошади физической нагрузки к научно опосредованной стратегии, а также раскрывает возможности использования пробиотических препаратов в качестве адаптогенов к физической нагрузке. Полученные данные позволяют проводить спортивную подготовку молодых лошадей в соответствии с их физиологией, своевременно выявлять отклонения в иммуно-биохимических показателях и на их основании корректировать физическую нагрузку, применять методы по восстановлению, улучшать условия содержания и кормления.

Информация из нашего исследования может быть использована конными клубами, частными владельцами, племенными и фермерскими хозяйствами для подготовки спортивных лошадей, мониторинга состояния их здоровья, оценки адаптации к физической нагрузке. Также полученные результаты могут быть использованы при чтении лекций и проведении лабораторно-практических

занятий по физиологии животных, биологической химии, клинической диагностике в высших учебных заведениях.

Методология и методы исследований. При проведении исследований и изложении материала были применены общенаучные и специальные методы: теоретико-методологический анализ литературных источников, клинко-физиологические, морфологические, биохимические, иммунологические, молекулярно-генетические методы и метод математического анализа. В основе этих методов лежат органолептические, физические, химические и ветеринарно-биологические методы исследования в оценке клинического состояния животных, их биохимических и морфологических показателей крови и слюны, микробиома кишечника и иммунологического статуса. Использование перечисленных методов и статистический анализ экспериментальных данных обеспечили объективность и достоверность полученных результатов и выводов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Физическая нагрузка вызывает разные изменения морфологических, биохимических, эндокринологических, антиоксидантных, иммунологических показателей крови спортивных лошадей арабской породы в зависимости от интенсивности;
2. Определение изменения концентрации сердечного тропонин I является информативным методом оценки переносимости физической нагрузки разной интенсивности;
3. Длительная аэробная нагрузка вызывает изменение рисунка микрокристаллизации слюны спортивных лошадей арабской породы;
4. Изменение кишечного микробиома спортивных лошадей арабской породы зависит от интенсивности физической нагрузки;
5. Пробиотические препараты возможно использовать в конном спорте в качестве адаптогена к физической нагрузке;
6. Между изучаемыми показателями существует корреляционная зависимость, отражающая адаптации организма лошадей к длительной аэробной нагрузке.

Степень достоверности и апробация результатов.

Полученные данные подвергались обработке методом вариационной статистики с расчетом коэффициента достоверности Стьюдента и коэффициента корреляции Пирсона. Достоверность данных определяется достаточным объемом выборки анализируемых данных и их статистической обработкой. Полученные данные согласуются между собой и взаимно дополняют друг друга, выводы обоснованы и вытекают из результатов исследования. Материалы научной работы доложены на 8 научных конференциях: 79-я Международная научная конференция молодых ученых и студентов СПбГУВМ (г. Санкт-Петербург, 2025); IV международный студенческий научно-практический форум «Global Issues Forum 2025: Veterinary Medicine, Biology, Biotechnology, Zootechnology, Pedagogical and Philological Sciences» (г. Москва, 2025); XIX Всероссийский молодежный форум «АПК – МОЛОДЕЖЬ, НАУКА, ИННОВАЦИИ» (г. Москва, 2025); Международная научно-практическая

конференция «Современные проблемы ветеринарной патологии и научные основы решения», посвящённая 55-летию организации ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии» (ФГБНУ «ВНИВИПФиТ») (г. Воронеж, 2025); VIII Международная научно-практическая конференция «Постгеномные технологии в обеспечении здоровья и повышении продуктивности сельскохозяйственных животных и птиц» (г. Воронеж, 2025); 80-я международная научная конференция молодых ученых и студентов СПбГУВМ (г. Санкт-Петербург, 2026); «Конная индустрия и современное общество: Перспективы, тенденции, регулирование» (г. Санкт-Петербург, 2026); Международная научно-практическая конференция, посвященная 95-летию юбилею доктора сельскохозяйственных наук, профессора Рождественской Гаяны Александровны «От традиций к инновациям: Вопросы развития коневодства и селекции лошадей» (п. Дивово, 2026).

Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе и научно-исследовательской деятельности на кафедре биохимии и физиологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», на кафедре внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства факультета ветеринарной медицины и зоотехнии ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», на кафедре физиологии, хирургии и акушерства ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», на кафедре клинической диагностики УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины».

Публикация результатов исследования. По теме диссертационной работы опубликовано 11 работ. Из них в журналах перечня рецензируемых научных изданий Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки РФ опубликовано 4 работы (Актуальные вопросы ветеринарной биологии – 1; Международный вестник ветеринарии – 1; Иппология и ветеринария – 1; Вестник КрасГАУ – 1); в региональной печати – 5 работ. По теме диссертации зарегистрированы 1 база данных и 1 патент на полезную модель.

Личный вклад. Данная работа является результатом исследования автора, проведенного в период с 2023 по 2026 годы. Соискателем совместно с научным руководителем были поставлены цель и задачи по проведению эксперимента, был составлен план мероприятий для хода исследования. Соискателем лично проводился отбор проб и последующее проведение их исследований. Совместно с научным руководителем был проведен анализ полученных результатов, их обобщение, написание научных публикаций, составление презентаций и написания текста к выступлениям на конференциях. Некоторые исследования и публикации выполнены совместно с профессорско-преподавательским составом кафедры биохимии и физиологии, который не возражает против использования в диссертационной работе материалов совместных исследований. Личный вклад автора составляет 90 %.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 4.2.1. Патология

животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология: пункты 3, 4, 18, 21.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 172 страницах компьютерного текста и состоит из введения, основной части, включающей обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты собственных исследований и их обсуждение, и выводы, заключения, практические предложения, перспективы дальнейшей разработки темы исследования, списка литературы, списка иллюстрированного материала и приложений. Список литературы состоит из 311 литературных источников, из которых 206 отечественных и 105 иностранных авторов. Работа содержит 31 таблицу и 4 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы

Научный эксперимент выполнен в условиях конного завода Ленинградской области. Объектом исследования были лошади арабской породы в возрасте от 6 до 15 лет. Предметом исследования были изменения крови, слюны и кала лошадей под влиянием физической нагрузки и пробиотка «Бонака-АПК».

Предварительно было проведено клиническое обследование 112 лошадей, из которых на основании обследования и результатов диспансеризации для исследования было отобрано 30 клинически здоровых животных в возрасте от 6 до 15 лет, из которых 18 – мерин и 12 – кобылы. Лошади содержались в одинаковых условиях конезавода. Рацион был сбалансирован индивидуально для каждой лошади в зависимости от массы тела, пола, возраста и нагрузки; состоял из разнотравного сена, заготовленного в Ленинградской области, овса, отрубей, нерафинированного подсолнечного масла, соли, кормовой добавки макро- и микроэлементов. В течение дня лошади находились на выгуле 5 часов, заводской тренинг проходили в соответствии с возрастом и участвовали в соревнованиях по дистанционным пробегам.

Отбор проб осуществлялся с июня по август 2025 года. Лошади по принципу пар-аналогов были распределены по трём группам: контрольная, опытная № 1 и опытная № 2 (6 мерин и 4 кобылы в каждой). У лошадей опытной группы № 1 пробы отбирались трижды с интервалом 30 дней после прохождения дистанций 40 км, 80 км и 120 км. У лошадей опытной группы № 2 пробы отбирались трижды с интервалом 15 дней. У лошадей контрольной группы пробы отбирались одновременно с лошадьми опытных групп: в состоянии физиологического покоя – с опытной группой № 1, и после стандартной физической нагрузки – с опытной группой № 2. Стандартная нагрузка включала 10 минут шаг, 10 минут рысь, 10 минут шаг, 10 минут рысь, 5 минут шаг, 5 минут галоп, 10 минут шаг.

Лошади опытной группы № 2 получали 50 грамм пробиотика «Бонака-АПК» вместе со стандартным рационом согласно инструкции (50 грамм/голову

в сутки в течение 30 дней). Пробиотик добавляли в кашу из овса и отрубей в вечернее кормление.

Взятие проб кала для определения кишечного микробиома осуществляли из прямой кишки с использованием стерильных резиновых перчаток в стерильные одноразовые контейнеры. После взятия пробы замораживали в течение 10 минут при температуре -18°C .

Венозную кровь получали с соблюдением правил асептики и антисептики из яремной вены в стерильные вакуумные пробирки «КОРВЭЙ». Для общего клинического анализа, определения показателей иммунитета и антиоксидантов кровь брали в пробирки с трикалиевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты, препятствующей её свертыванию.

Для биохимического анализа и определения эндокринологических показателей кровь брали в пробирки с оксидом кремния, активирующим процесс её свертывания. Через 20 минут после взятия крови пробирки центрифугировали на центрифуге СМ 12-06 в течение 10 минут при 3500 оборотов в минуту, отделяли сыворотку от сгустка с использованием стерильных шприцов, перемещали в пробирки типа Эппендорф на 1,5 мл и сразу замораживали при -18°C .

Слюну брали путем протирания ротовой полости лошади стерильным марлевым бинтом с последующим отжимом в пробирки типа Эппендорф.

Пробирки с трикалиевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты и пробирки Эппендорф со слюной доставлялись в лабораторию в течение часа после взятия проб при температуре $+2$ - $+8^{\circ}\text{C}$. Сыворотка крови и пробы кишечного микробиома доставлялись отдельно в замороженном виде.

Показатели крови, слюны и кала определяли на базе кафедры биохимии и физиологии СПбГУВМ на лицензированном оборудовании, а также в Лаборатории ветеринарного центра «Вега» и лаборатории «Explana». Все исследования выполнялись с помощью общепринятых методик. Полученные данные были подвергнуты статистической обработке с определением среднего арифметического (M) и ошибки среднего арифметического (m). Коэффициент корреляции Пирсона вычисляли с помощью программы Microsoft Excel 2010 с использованием функции КОРРЕЛ. Достоверность полученных результатов определяли с помощью критерия Стьюдента с использованием программы Microsoft Excel 2010. Различия считали достоверными при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние длительной аэробной нагрузки на изменение иммуно-биохимических показателей крови спортивных лошадей арабской породы

Были определены значения морфологических, биохимических, эндокринологических показателей крови спортивных арабских лошадей после длительной аэробной нагрузки, изменения которых представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты общего клинического анализа крови лошадей в состоянии физиологического покоя и после длительной аэробной нагрузки

Показатель	Референтные значения	Покой (n=30) M±m	Нагрузка (n=30) M±m
Лейкоциты, Г/л	7,00-12,00	11,60±0,91	12,69±2,01
Эритроциты, Т/л	7,10-10,50	9,00±1,20	7,86±1,22
Гемоглобин, г/л	80,00-140,00	114,17±11,47	124,93±13,72
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	13,00-30,00	12,92±0,41	15,75±0,48*
Тромбоциты, Г/л	100,00-600,00	203,00±4,61	132,80±8,67*
Миелоциты, %	0,00	0,00	0,00
Миелоциты, Г/л	0,00	0,00	0,00
Юные нейтрофилы, %	0,00	0,00	0,00
Юные нейтрофилы, Г/л	0,00	0,00	0,00
Палочкоядерные нейтрофилы, %	1,00-6,00	2,33±0,19	3,90±0,31*
Палочкоядерные нейтрофилы, Г/л	0,05-0,60	0,27±0,02	0,49±0,04*
Сегментоядерные нейтрофилы, %	45,00-70,00	56,00±0,74	67,83±1,13*
Сегментоядерные нейтрофилы, Г/л	2,25-7,00	6,50±0,14	8,63±0,31*
Эозинофилы, %	1,00-8,00	5,17±0,25	2,50±0,26*
Эозинофилы, Г/л	0,05-0,80	0,60±0,03	0,32±0,04*
Базофилы, %	0-1,00	0,00	0,00
Базофилы, Г/л	0-0,10	0,00	0,00
Моноциты, %	0-10,00	6,33±1,09	6,83±0,45
Моноциты, Г/л	0-1,00	0,73±0,13	0,86±0,34
Лимфоциты, %	20,00-45,00	30,17±0,64	18,93±0,97*
Лимфоциты, Г/л	1,00-4,50	3,50±0,09	2,39±0,13*
Скорость оседания эритроцитов, мм/ч	2,00-70,00	32,50±1,69	31,93±2,59

* достоверно при $p \leq 0,01$ относительно состояния физиологического покоя.

Под влиянием длительной аэробной нагрузки относительное количество палочкоядерных нейтрофилов увеличивалось на 67,4 % ($p \leq 0,01$), абсолютное количество палочкоядерных нейтрофилов – на 81,5 % ($p \leq 0,01$), относительное количество сегментоядерных нейтрофилов – на 21,1 % ($p \leq 0,01$), абсолютное количество сегментоядерных нейтрофилов – на 32,8 % ($p \leq 0,01$). При этом относительное количество эозинофилов уменьшалось на 51,6 % ($p \leq 0,01$), абсолютное количество эозинофилов – на 46,7 % ($p \leq 0,01$), относительное количество лимфоцитов – на 37,3 % ($p \leq 0,01$), абсолютное количество лимфоцитов – на 31,7 % ($p \leq 0,01$). Количество тромбоцитов снижалось после длительной аэробной нагрузки на 34,6 % ($p \leq 0,01$). Среднее содержание гемоглобина в эритроците достоверно увеличивалось на 21,9 % ($p \leq 0,01$).

Таблица 2 – Достоверные изменения показателей крови спортивных лошадей арабской породы после длительной аэробной нагрузки

Показатель	Референтные значения	Покой (n=30) M±m	Нагрузка (n=30) M±m
Мочевина, ммоль/л	3,30-6,70	4,61±0,10	7,74±0,26**
Билирубин, мкмоль/л	5,60-39,00	12,71±0,63	19,63±1,14**
Креатинкиназа мышечная, МЕ/л	20,00-220,00	307,15±14,29	1148,55±163,70**
Аланинаминотрансфераза, МЕ/л	3,00-20,00	9,98±0,69	16,35±0,78**
Индекс повреждения мышечной ткани	—	0,82±0,03	2,71±0,33**
Тироксин общий, нмоль/л	20,00-57,00	25,56±0,76	34,58±1,29*
Концентрация сердечного тропонина I в сыворотке крови, нг/мл (ИХЛА)	<0,20	0,0098±0,0018	0,0779±0,0151**
Каталазное число, ед. по Баху	5,18-9,30	17,65±0,54	14,39±0,39*

* достоверно при $p \leq 0,05$ относительно состояния физиологического покоя;

** достоверно при $p \leq 0,01$ относительно состояния физиологического покоя.

После длительной аэробной нагрузки достоверно повышалась концентрация мочевины – на 67,9 % ($p \leq 0,01$), концентрация билирубина – на 54,5 % ($p \leq 0,01$).

Длительная аэробная нагрузка вызывала достоверное увеличение активности аланинаминотрансферазы на 63,8 % ($p \leq 0,01$), мышечной креатинкиназы – на 273,9 % ($p \leq 0,01$). После длительной аэробной нагрузки индекс повреждения мышечной ткани достоверно повышался на 230,5 % ($p \leq 0,01$) относительно состояния физиологического покоя.

Длительная аэробная нагрузка вызывала достоверное повышение на 35,3 % ($p \leq 0,05$) относительно состояния физиологического покоя концентрации общего тироксина в крови лошадей арабской породы.

Под влиянием длительной аэробной нагрузки концентрация сердечного тропонина I в сыворотке крови увеличивалась на 694,9 % ($p \leq 0,01$).

Длительная аэробная нагрузка вызывала достоверное повышение концентрации билирубина на 54,5 % ($p \leq 0,01$) и снижение каталазного числа на 18,5 % ($p \leq 0,05$).

Результаты анализа микробиома кишечника лошадей в состоянии физиологического покоя и после длительной аэробной нагрузки представлены в таблице 3.

Под влиянием длительной аэробной нагрузки достоверно увеличивалось количество колониеобразующих единиц *Faecalibacterium prausnitzii* – на 80,0 % ($p \leq 0,05$). Соотношение *Bacteroides spp./Faecalibacterium prausnitzii* достоверно увеличивалось на 79,4 % ($p \leq 0,05$).

Таблица 3 – Достоверные изменения состава кишечного микробиома спортивных лошадей арабской породы в состоянии физиологического покоя и после длительной аэробной нагрузки

Показатель	Покой (n=30) M±m	Нагрузка (n=30) M±m
<i>Faecalibacterium prausnitzii</i> , КОЕ/мл	1,70×10 ⁶ ±0,26×10 ⁶	3,06×10 ⁶ ±0,42×10 ⁶ *
Соотношение <i>Bacteroides spp./Faecalibacterium prausnitzii</i>	89,14±11,13	159,95±24,10*

* достоверно при $p \leq 0,05$ относительно состояния физиологического покоя.

Рисунок микрокристаллизации оценивался по количеству ветвлений кристаллов. Сильно разветвленным рисункам присваивалось 4 балла, рисункам со средней разветвленностью кристаллов присваивалось 3 балла, рисунки микрокристаллизации с единичными отдельными кристаллами в поле зрения получали 2 балла, отсутствие кристаллов – 1 балл. В таблице 4 представлена сумма баллов рисунков микрокристаллизации слюны, полученной до длительной аэробной нагрузки и после.

Таблица 4 – Сумма баллов рисунков микрокристаллизации слюны, полученной в состоянии физиологического покоя и после длительной аэробной нагрузки

Рисунок микрокристаллизации	Покой (n=30)	Нагрузка (n=30)
Ветвистый рисунок, балл	96	0
Средняя ветвистость, балл	18	54
Отдельные кристаллы, балл	0	20
Отсутствие кристаллов, балл	0	2
Итого, балл	114	76

В состоянии физиологического покоя у спортивных лошадей арабской породы наблюдался в основном рисунок сильно разветвлённых лучей, исходящих из центра, в то время как под влиянием длительной аэробной нагрузки терялась радиальная структура рисунка, уменьшалось количество ветвлений и самих кристаллов.

Корреляция концентрации сердечного тропонина I с большинством показателей характеризует их зависимость от интенсивности физической нагрузки.

Корреляция активности амилазы с активностью аланинаминотрансферазы ($r=0,62$, при $p \leq 0,01$; сильная прямая), аспартатаминотрансферазы ($r=0,57$, при $p \leq 0,01$; умеренная прямая), щелочной фосфатазы ($r=0,41$, при $p \leq 0,01$; умеренная прямая), вероятно, опосредованы изменениями в работе пищеварительной системы, возникшими под влиянием длительной аэробной нагрузки, направленными на получение энергии для осуществления работы, механизм которых требует дальнейшего изучения.

При корреляционном анализе биохимических показателей была установлена прямая умеренная связь концентрации билирубина с концентрацией

общего белка ($r=0,51$, при $p\leq 0,01$), относительной концентрацией альбумина ($r=0,55$, при $p\leq 0,01$), относительной концентрацией глобулина ($r=0,44$, при $p\leq 0,01$); обратная умеренная связь с абсолютной концентрацией глобулина ($r=-0,43$, при $p\leq 0,01$) и сильная прямая связь с концентрацией креатинина ($r=0,65$, при $p\leq 0,01$). Прямая метаболическая связь между данными показателями маловероятна, однако, может быть вызвана изменениями в работе печени, почек и мышц при физической нагрузке. Сильная прямая корреляция концентраций общего белка и креатинина ($r=0,61$, при $p\leq 0,01$) также может быть следствием изменения работы почек (Хозлова А.В., 2021).

Обнаружена умеренная корреляция скорости оседания эритроцитов с количеством клеток крови различных классов. Между эндокринологическими показателями в основном наблюдалась слабая и очень слабая корреляция.

Влияние нагрузки разной интенсивности на изменение иммуно-биохимических показателей крови спортивных лошадей арабской породы

При изучении влияния физической нагрузки разной интенсивности на организм лошадей арабской породы были получены результаты, представленные в таблицах 5, 6 и 7.

Тяжёлая нагрузка вызывала достоверное снижение относительного количества палочкоядерных нейтрофилов на 43,5 % ($p\leq 0,05$) относительно лёгкой нагрузки и достоверное повышение абсолютного количества моноцитов на 64,1 % ($p\leq 0,05$) относительно лёгкой нагрузки.

При тяжёлой нагрузке концентрация глобулинов в сыворотке крови была достоверно выше на 9,8 % ($p\leq 0,05$) относительно лёгкой нагрузки, а концентрация билирубина – на 81,3 % ($p\leq 0,01$).

При тяжёлой нагрузке активность лактатдегидрогеназы была выше на 114,6 % ($p\leq 0,01$), чем при лёгкой нагрузке, активность мышечной креатинкиназы относительно лёгкой нагрузки была выше на 396,4 % ($p\leq 0,01$), относительно средней – на 224,0 % ($p\leq 0,01$), активность аланинаминотрансферазы – на 54,8 % ($p\leq 0,05$), активность аспартатаминотрансферазы – на 59,1 % ($p\leq 0,05$). При тяжёлой нагрузке индекс повреждения мышечной ткани достоверно была выше значений, полученных после средней и лёгкой нагрузки на 175,4 % ($p\leq 0,01$) и 209,0 % ($p\leq 0,01$) соответственно.

При тяжёлой нагрузке концентрация глобулинов в сыворотке крови была достоверно выше на 9,8 % ($p\leq 0,05$) относительно лёгкой нагрузки, а концентрация билирубина – на 81,3 % ($p\leq 0,01$).

При тяжёлой нагрузке активность лактатдегидрогеназы была выше на 114,6 % ($p\leq 0,01$), чем при лёгкой нагрузке, активность мышечной креатинкиназы относительно лёгкой нагрузки была выше на 396,4 % ($p\leq 0,01$), относительно средней – на 224,0 % ($p\leq 0,01$), активность аланинаминотрансферазы – на 54,8 % ($p\leq 0,05$), активность аспартатаминотрансферазы – на 59,1 % ($p\leq 0,05$).

При тяжёлой нагрузке индекс повреждения мышечной ткани достоверно была выше значений, полученных после средней и лёгкой нагрузки на 175,4 % ($p\leq 0,01$) и 209,0 % ($p\leq 0,01$) соответственно.

Таблица 5 – Результаты общего клинического анализа крови лошадей в зависимости от уровня физической нагрузки

Показатель	Референтные значения	Легкая (n=10) M±m	Средняя (n=10) M±m	Тяжелая (n=10) M±m
Лейкоциты, Г/л	7,00-12,00	12,09±1,93	13,14±2,23	12,84±0,61
Эритроциты, Т/л	7,10-10,50	7,12±1,03	7,62±1,03	8,74±1,14
Гемоглобин, г/л	80,00-140,00	114,20±6,71	129,20±16,16	131,40±10,29
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	13,00-30,00	15,19±2,81	17,09±2,05	16,16±1,83
Тромбоциты, Г/л	100,00-600,00	116,40±6,20	137,00±27,21	145,00±29,04
Миелоциты, %	0,00	0,00	0,00	0,00
Миелоциты, Г/л	0,00	0,00	0,00	0,00
Юные нейтрофилы, %	0,00	0,00	0,00	0,00
Юные нейтрофилы, Г/л	0,00	0,00	0,00	0,00
Палочкоядерные нейтрофилы, %	1,00-6,00	4,60±0,52	4,50±1,14	2,60±0,31*
Палочкоядерные нейтрофилы, Г/л	0,05-0,60	0,57±0,26	0,59±0,24	0,34±0,16
Сегментоядерные нейтрофилы, %	45,00-70,00	71,30±5,65	62,80±6,51	69,40±4,84
Сегментоядерные нейтрофилы, Г/л	2,25-7,00	8,63±1,44	8,34±1,92	8,95±1,76
Эозинофилы, %	1,00-8,00	2,80±1,62	3,10±1,37	1,60±0,70
Эозинофилы, Г/л	0,05-0,80	0,35±0,24	0,42±0,22	0,21±0,09
Базофилы, %	0-1,00	0,00	0,00	0,00
Базофилы, Г/л	0-0,10	0,00	0,00	0,00
Моноциты, %	0-10,00	5,40±2,27	6,90±1,60	8,20±2,70
Моноциты, Г/л	0-1,00	0,64±0,08	0,89±0,08	1,05±0,12*
Лимфоциты, %	20,00-45,00	15,90±0,82	22,70±2,21	18,20±0,92
Лимфоциты, Г/л	1,00-4,50	1,91±0,58	2,89±0,61	2,30±0,24
Скорость оседания эритроцитов, мм/ч	2,00-70,00	28,40±4,47	34,00±4,51	33,40±4,76

* достоверно при $p \leq 0,05$ относительно лёгкой нагрузки.

При нагрузке высокой интенсивности концентрация кортизола была достоверно выше на 77,9 % ($p \leq 0,05$), чем при низкой, а концентрация тироксина – на 39,4 % ($p \leq 0,05$). При нагрузке средней интенсивности концентрация тироксина была достоверно выше, чем при лёгкой на 30,9 % ($p \leq 0,05$).

При тяжёлой нагрузке концентрация сердечного тропонина I в сыворотке крови была достоверно выше на 1718,6 % ($p \leq 0,01$), чем при лёгкой. При средней нагрузке концентрация сердечного тропонина I в сыворотке крови была достоверно выше на 700,0 % , чем при лёгкой ($p \leq 0,01$).

При тяжёлой нагрузке концентрация билирубина в сыворотке крови была достоверно выше на 81,3 % ($p \leq 0,01$) относительно лёгкой нагрузки, при этом показатель каталазы достоверно снижался на 27,6 % ($p \leq 0,05$).

Таблица 6 – Изменения показателей крови спортивных арабских лошадей под влиянием физической нагрузки разной интенсивности

Показатель	Референтные значения	Легкая(n=10) M±m	Средняя(n=10) M±m	Тяжелая(n=10) M±m
Глобулины, г/л	34,00-46,00	38,48±1,01	36,44±1,10	42,24±1,03*
Билирубин, мкмоль/л	5,60-39,00	14,90±0,79	16,96±1,05	27,02±1,20**
Лактатдегидрогеназа, МЕ/л	200,00-600,00	218,78±13,96	324,68±22,31	469,52±24,48**
Креатинкиназа мышечная, МЕ/л	20,00-220,00	459,64±42,13	704,20±102,68	2281,82±171,36****
Аланинаминотрансфераза, МЕ/л	3,00-20,00	12,52±0,61	17,16±1,22	19,38±1,11*
Аспартатаминотрансфераза, МЕ/л	50,00-420,00	303,60±19,30	409,48±17,94	483,06±17,52*
Индекс повреждения мышечной ткани	—	1,56±0,16	1,75±0,27	4,82±0,47****
Кортизол, нмоль/л	39,00-227,00	132,22±7,09	181,49±23,77	235,22±21,04*
Тироксин общий, нмоль/л	20,00-57,00	28,02±2,22	36,67±1,60*	39,05±1,05*
Концентрация сердечного тропонина I в сыворотке крови, нг/мл	<0,20	0,0086±0,0021	0,0688±0,0180**	0,1564±0,0253**
Показатель каталазы	—	2,25±0,17	1,94±0,21	1,63±0,07*

* достоверно при $p \leq 0,05$ относительно лёгкой нагрузки;

** достоверно при $p \leq 0,01$ относительно лёгкой нагрузки;

*** достоверно при $p \leq 0,01$ относительно легкой и средней нагрузок.

Таблица 7 – Достоверные изменения состава кишечного микробиома спортивных арабских лошадей под влиянием физической нагрузки разной интенсивности

Показатель	Легкая(n=10) M±m	Средняя(n=10) M±m	Тяжелая(n=10) M±m
Общее бактериальное число, КОЕ/мл	$5,15 \times 10^{11} \pm 0,90 \times 10^{11}$	$3,15 \times 10^{10} \pm 0,36 \times 10^{10}$	$2,15 \times 10^{10} \pm 0,34 \times 10^{10*}$
<i>Lactobacillus spp.</i> , КОЕ/мл	$9,36 \times 10^8 \pm 1,09 \times 10^8$	$4,66 \times 10^7 \pm 0,50 \times 10^7$	$2,31 \times 10^6 \pm 0,37 \times 10^6*$
<i>Faecalibacterium prausnitzii</i> , КОЕ/мл	$4,80 \times 10^6 \pm 0,67 \times 10^6$	$2,85 \times 10^6 \pm 0,64 \times 10^6$	$1,51 \times 10^6 \pm 0,48 \times 10^6*$
Соотношение <i>Bacteroides spp./Faecalibacterium prausnitzii</i>	48,25±3,71	142,80±13,81	288,80±46,34*

* достоверно при $p \leq 0,05$ относительно лёгкой нагрузки.

Общее бактериальное число достоверно уменьшалось при тяжёлой нагрузке на 95,8 % ($p \leq 0,05$) относительно лёгкой нагрузки, *Lactobacillus spp.* – на 99,8 % ($p \leq 0,05$), *Faecalibacterium prausnitzii* – на 68,5 % ($p \leq 0,05$), при этом достоверно возрастало соотношение *Bacteroides spp./Faecalibacterium prausnitzii* на 498,6 % ($p \leq 0,05$) относительно лёгкой нагрузки.

Изменение адаптации организма лошадей к физической нагрузке при использовании пробиотика

Применение пробиотика вызвало достоверное изменение показателей, указанных в таблицах 8, 9 и 10.

Таблица 8 – Влияние пробиотика на изменения показателей крови спортивных лошадей после стандартной физической нагрузки (К-контроль, О-опыт)

Показатель	Референтные значения	До начала		Через 15 дней		Через 30 дней	
		К (n=10) M±m	О (n=10) M±m	К (n=10) M±m	О (n=10) M±m	К (n=10) M±m	О (n=10) M±m
Эритроциты, Т/л	7,10-10,50	6,20±0,24	6,47±0,24	7,56±0,22	7,92±0,37	6,96±0,31	8,17±0,50*
Гемоглобин, г/л	80,00-140,00	102,00±1,80	103,00±1,41	109,70±1,89	118,67±2,32*	119,00±3,99	117,70±5,44
Сегментоядерные нейтрофилы, %	45,00-70,00	49,00±2,01	49,90±2,53	64,10±1,11	56,00±1,14**	57,00±4,16	50,50±3,83
Лимфоциты, %	20,00-45,00	42,00±1,73	41,50±2,47	24,10±0,91	35,20±0,93**	33,70±4,77	40,70±4,56

* достоверно при $p \leq 0,05$ относительно контроля;

** достоверно при $p \leq 0,01$ относительно контроля.

Через 15 дней применения пробиотика концентрация гемоглобина в крови лошадей опытной группы после стандартной нагрузки была достоверно выше на 8,2 % ($p \leq 0,05$), чем в контрольной. Также было достоверно ниже относительное количество сегментоядерных нейтрофилов на 12,5 % ($p \leq 0,01$) и выше относительное количество лимфоцитов на 46,1 % ($p \leq 0,01$). Лизоцимная активность в сыворотке крови лошадей опытной группы после стандартной нагрузки была достоверно ниже, чем у лошадей контрольной группы, на 14,4 % ($p \leq 0,05$).

Через 30 дней применения пробиотика: количество эритроцитов в крови лошадей опытной группы после стандартной нагрузки было достоверно выше, чем в контрольной на 17,4 % ($p \leq 0,05$); концентрация билирубина в крови опытной группы после стандартной нагрузки была достоверно выше относительно контроля на 11,4 % ($p \leq 0,05$); активность лактатдегидрогеназы в крови лошадей опытной группы после стандартной нагрузки была ниже на 30,8 % ($p \leq 0,01$); наблюдалось достоверное повышение каталазного числа в крови лошадей опытной группы после стандартной физической нагрузки на 17,1 % ($p \leq 0,05$). Повышение может быть связано с увеличением активности фермента в состоянии физиологического покоя.

Концентрация кортизола в крови лошадей опытной группы была достоверно выше, чем в крови лошадей контрольной группы, после стандартной нагрузки через 15 и 30 дней применения пробиотика на 34,9 % ($p \leq 0,05$) и 27,0 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Таблица 9 – Влияние пробиотика на изменения показателей крови спортивных лошадей после стандартной физической нагрузки (К-контроль, О-опыт)

Показатель	Референтные значения	До начала		Через 15 дней		Через 30 дней	
		К (n=10) M±m	О (n=10) M±m	К (n=10) M±m	О (n=10) M±m	К (n=10) M±m	О (n=10) M±m
Билирубин, мкмоль/л	5,60-39,00	10,80±0,64	11,63±0,76	10,87±0,98	14,50±1,53	13,80±0,98	15,37±0,85*
Лактатдегидрогеназа, МЕ/л	200,00-600,00	396,87±30,40	442,67±32,32	357,83±16,59	319,80±16,61	451,87±23,81	312,73±19,18*
Кортизол, нмоль/л	39,00-227,00	101,23±5,14	93,95±6,74	73,41±0,90	98,99±9,16*	63,09±1,97	80,09±5,31*
Каталазное число, ед. по Баху	5,18-9,30	12,24±0,37	12,64±0,45	14,96±0,37	15,30±0,50	10,97±0,26	12,84±0,64*
Лизоцимная активность сыворотки крови, %	60,00-80,00	74,53±2,91	75,83±1,23	83,20±1,02	71,20±1,28*	76,70±2,35	69,87±2,18

* достоверно при $p \leq 0,05$ относительно контроля.

Таблица 10 – Влияние пробиотика на изменения показателей кишечного микробиома спортивных лошадей после стандартной физической нагрузки (К-контроль, О-опыт)

Показатель	До начала		Через 15 дней		Через 30 дней	
	К (n=10) M±m	О (n=10) M±m	К (n=10) M±m	О (n=10) M±m	К (n=10) M±m	О (n=10) M±m
Общее бактериальное число, КОЕ/мл	$1,11 \times 10^{11} \pm 0,30 \times 10^{11}$	$5,17 \times 10^{10} \pm 1,03 \times 10^{10}$	$9,68 \times 10^{10} \pm 1,54 \times 10^{10}$	$1,57 \times 10^{11} \pm 0,35 \times 10^{11}$	$3,78 \times 10^{10} \pm 0,57 \times 10^{10}$	$2,39 \times 10^{11} \pm 0,35 \times 10^{11}$ *
<i>Lactobacillus</i> spp., КОЕ/мл	$4,73 \times 10^7 \pm 0,78 \times 10^7$	$7,07 \times 10^6 \pm 1,89 \times 10^6$	$1,01 \times 10^7 \pm 0,27 \times 10^7$	$1,08 \times 10^7 \pm 0,19 \times 10^7$	$2,35 \times 10^7 \pm 0,38 \times 10^7$	$3,68 \times 10^7 \pm 0,40 \times 10^7$ *
<i>Bifidobacterium</i> spp., КОЕ/мл	$2,54 \times 10^9 \pm 0,58 \times 10^9$	$7,26 \times 10^8 \pm 1,26 \times 10^8$	$7,75 \times 10^8 \pm 1,17 \times 10^8$	$8,41 \times 10^8 \pm 1,17 \times 10^8$	$1,35 \times 10^9 \pm 0,21 \times 10^9$	$2,63 \times 10^9 \pm 0,36 \times 10^9$ *
<i>Faecalibacterium prausnitzii</i> , КОЕ/мл	$6,23 \times 10^6 \pm 1,80 \times 10^6$	$1,90 \times 10^6 \pm 0,44 \times 10^6$	$2,88 \times 10^6 \pm 0,98 \times 10^6$	$2,39 \times 10^6 \pm 0,76 \times 10^6$	$2,96 \times 10^6 \pm 0,88 \times 10^6$	$8,46 \times 10^6 \pm 2,21 \times 10^6$ *
Соотношение <i>Bacteroides</i> spp./ <i>Faecalibacterium prausnitzii</i> , КОЕ/мл	65,08±9,81	200,65±13,23*	100,67±12,60	150,20±12,89	191,30±38,46	50,50±10,36*

* достоверно при $p \leq 0,05$ относительно контроля.

Через 30 дней применения пробиотика в определяемом микробиоме кишечника лошадей опытной группы, после стандартной физической нагрузки достоверно выше относительно контрольной группы было общее бактериальное число на 532,3 % ($p \leq 0,05$), *Lactobacillus* spp. – на 43,0 % ($p \leq 0,05$), *Bifidobacterium* spp. – на 94,8 % ($p \leq 0,05$), *Faecalibacterium prausnitzii* – на 185,8 % ($p \leq 0,05$). В опытной группе соотношение *Bacteroides* spp./*Faecalibacterium prausnitzii* было достоверно ниже, чем в контрольной на 73,6 % ($p \leq 0,05$).

До начала применения пробиотика соотношение *Bacteroides* spp./*Faecalibacterium prausnitzii* было достоверно выше в опытной группе на 208,6 % ($p \leq 0,05$), чем в контрольной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе исследования мы установили характер изменения морфологических, биохимических, эндокринологических и иммунологических показателей крови, антиоксидантной системы крови, кишечного микробиома, рисунка микрокристаллизации слюны у спортивных лошадей арабской породы под влиянием длительной аэробной нагрузки. Установили характер изменения данных показателей под влиянием физической нагрузки разной интенсивности. А также установили возможность использования пробиотиков в качестве адаптогена к физической нагрузке.

На основании полученных данных нами были сделаны следующие выводы:

1. Длительная аэробная нагрузка влияла на обменные процессы в организме лошадей, что выражалось развитием стрессовой лейкограммы, характеризующейся увеличением относительного и абсолютного количеств палочкоядерных нейтрофилов на 67,4 % ($p \leq 0,01$) и 81,5 % ($p \leq 0,01$) соответственно, относительного и абсолютного количеств сегментоядерных нейтрофилов – на 21,1 % ($p \leq 0,01$) и 32,8 % ($p \leq 0,01$) соответственно, уменьшением относительного и абсолютного количеств эозинофилов на 51,6 % ($p \leq 0,01$) и 46,7 % ($p \leq 0,01$) соответственно, относительного и абсолютного количеств лимфоцитов – на 37,3 % ($p \leq 0,01$) и 31,7 % ($p \leq 0,01$) соответственно; изменением биохимических показателей, что проявлялось достоверным повышением концентрации мочевины на 67,9 % ($p \leq 0,01$), активности аланинаминотрансферазы – на 63,8 % ($p \leq 0,01$), мышечной креатинкиназы – на 273,9 % ($p \leq 0,01$), индекса повреждения мышечной ткани – на 230,5 % ($p \leq 0,01$); изменением в соотношении гормонов, что проявлялось достоверным повышением на 35,3 % ($p \leq 0,05$) концентрации общего тироксина; развитием окислительного стресса, что проявлялось достоверным повышением концентрации билирубина на 54,5 % ($p \leq 0,01$) и снижением каталазного числа на 18,5 % ($p \leq 0,05$). Длительная аэробная нагрузка также вызывала увеличение количества тромбоцитов и среднего содержания гемоглобина в эритроците на 34,6 % ($p \leq 0,01$) и 21,9 % ($p \leq 0,01$) соответственно и не вызывала достоверных изменений в значениях показателей иммунитета высоко тренированных спортивных лошадей арабской породы.

При нагрузке средней интенсивности концентрация тироксина достоверно повышалась на 30,9 % ($p \leq 0,05$) относительно легкой.

Высокоинтенсивная физическая нагрузка характеризовалась изменением клеточного состава крови, что выражалось достоверным снижением относительного количества палочкоядерных нейтрофилов на 43,5 % ($p \leq 0,05$) относительно лёгкой нагрузки, достоверным повышением абсолютного количества моноцитов на 64,1 % ($p \leq 0,05$); изменением биохимических показателей, что выражалось увеличением концентрации глобулинов на 9,8 % ($p \leq 0,05$), активности лактатдегидрогеназы на 114,6 % ($p \leq 0,01$), активности мышечной креатинкиназы относительно лёгкой нагрузки на 396,4 % ($p \leq 0,01$), относительно средней – на 224,0 % ($p \leq 0,01$), активности

аланинаминотрансферазы – на 54,8 % ($p \leq 0,05$), активности аспартатаминотрансферазы – на 59,1 % ($p \leq 0,05$), индекса повреждения мышечной ткани на 175,4 % ($p \leq 0,01$) и 209,0 % ($p \leq 0,01$) относительно средней и лёгкой нагрузки соответственно; изменением в соотношении гормонов, что проявлялось достоверным повышением концентрации кортизола на 77,9 % ($p \leq 0,05$), концентрации тироксина – на 39,4 % ($p \leq 0,05$); развитием окислительного стресса, что проявлялось достоверным повышением концентрации билирубина на 81,3 % ($p \leq 0,01$), при этом показатель каталазы достоверно снижался на 27,6 % ($p \leq 0,05$).

2. Длительная аэробная нагрузка оказывала влияние на работу сердца, маркером которой может являться концентрация сердечного тропонина I в крови. Под влиянием длительной аэробной нагрузки концентрация сердечного тропонина I в сыворотке крови увеличивалась на 694,9 % ($p \leq 0,01$).

При тяжёлой нагрузке концентрация сердечного тропонина I в сыворотке крови достоверно повышалась на 1718,6 % ($p \leq 0,01$) относительно легкой, при нагрузке средней интенсивности – на 700,0 % ($p \leq 0,01$).

3. Под влиянием длительной аэробной нагрузки происходили изменения рисунка микрокристаллизации смешанной слюны лошадей. Однако, связь с интенсивностью физической нагрузки требует дальнейшего изучения.

4. Длительная аэробная нагрузка приводила к изменениям в кишечном микробиоме спортивных лошадей, что выражалось увеличением количество колониеобразующих единиц *Faecalibacterium prausnitzii* – на 80,0 % ($p \leq 0,05$) и соотношения *Bacteroides spp./Faecalibacterium prausnitzii* – на 79,4 % ($p \leq 0,05$).

Общее бактериальное число достоверно уменьшалось при тяжёлой нагрузке на 95,8 % ($p \leq 0,05$), *Lactobacillus spp.* – на 99,8 % ($p \leq 0,05$), *Faecalibacterium prausnitzii* – на 68,5 % ($p \leq 0,05$), при этом достоверно возрастало соотношение *Bacteroides spp./Faecalibacterium prausnitzii* на 498,6 % ($p \leq 0,05$) относительно лёгкой нагрузки.

5. Применение пробиотика оказывало положительное влияние на организм спортивных лошадей и способствовало увеличению полезной микрофлоры.

Промежуточным результатом применения пробиотика было достоверное повышение концентрации гемоглобина на 8,2 % ($p \leq 0,05$), относительного количества сегментоядерных нейтрофилов – на 12,5 % ($p \leq 0,01$), относительного количества лимфоцитов – на 46,1 % ($p \leq 0,01$), концентрации кортизола – на 34,9 % ($p \leq 0,05$) и снижение лизоцимной активности сыворотки крови на 14,4 % ($p \leq 0,05$). В контрольной группе лизоцимная активность сыворотки крови превышала верхнюю границу референтных значений.

Основные достоверные изменения происходили на 30 день применения пробиотика: увеличивались количество эритроцитов на 17,4 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля, концентрация билирубина – на 11,4 % ($p \leq 0,05$), концентрация кортизола – на 27,0 % ($p \leq 0,05$), каталазное число – на 17,1 % ($p \leq 0,05$), общее бактериальное число – на 532,3 % ($p \leq 0,05$), *Lactobacillus spp.* – на 43,0 % ($p \leq 0,05$), *Bifidobacterium spp.* – на 94,8 % ($p \leq 0,05$), *Faecalibacterium prausnitzii* – на 185,8 % ($p \leq 0,05$); снижались активность лактатдегидрогеназы –

на 30,8 % ($p \leq 0,01$) и соотношение *Bacteroides spp./Faecalibacterium prausnitzii* – на 73,6 % ($p \leq 0,05$). Данные изменения подтверждают потенциальную возможность использования пробиотика в качестве адаптогена к физической нагрузке.

6. Корреляция концентрации сердечного тропонина I с большинством показателей характеризует их зависимость от интенсивности физической нагрузки. При корреляционном анализе биохимических показателей установлена прямая умеренная связь концентрации билирубина с концентрацией общего белка ($r=0,51$, при $p \leq 0,01$), относительной концентрацией альбумина ($r=0,55$, при $p \leq 0,01$), относительной концентрацией глобулина ($r=0,44$, при $p \leq 0,01$); обратная умеренная связь с абсолютной концентрацией глобулина ($r=-0,43$, при $p \leq 0,01$) и сильная прямая связь с концентрацией креатинина ($r=0,65$, при $p \leq 0,01$). Сильная прямая корреляция концентраций общего белка и креатинина ($r=0,61$, при $p \leq 0,01$) может быть следствием изменения работы почек. Активности амилазы коррелирует с активностью аланинаминотрансферазы ($r=0,62$, при $p \leq 0,01$; сильная прямая), аспартатаминотрансферазы ($r=0,57$, при $p \leq 0,01$; умеренная прямая), щелочной фосфатазы ($r=0,41$, при $p \leq 0,01$; умеренная прямая). Обнаружена умеренная корреляция скорости оседания эритроцитов с количеством клеток крови различных классов. Между эндокринологическими показателями в основном наблюдается слабая и очень слабая корреляция.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Полученные результаты характеризуют реакцию организма спортивных арабских лошадей на длительную аэробную нагрузку, а также на нагрузку разной интенсивности. Данная информация может быть использована тренерами-бейрейторами и ветеринарными врачами для оценки переносимости физических нагрузок при подготовке спортивных лошадей в дисциплину конного спорта – Пробеги. Полученные результаты позволяют улучшить контроль и оценку реакции организма лошади на предъявляемый уровень физической нагрузки и при необходимости вовремя скорректировать индивидуальный план подготовки, не дожидаясь развития синдрома перетренированности.

Также открыта возможность применения пробиотиков для повышения работоспособности спортивных лошадей. Пробиотики обладают преимуществом перед другими адаптогенами, поскольку при их применении отсутствует риск попадания запрещённых Всемирным антидопинговым агентством субстанций в организм спортивных лошадей, а также осуществляется профилактика развития патологий желудочно-кишечного тракта у лошадей ввиду предупреждения развития дисбактериоза кишечника.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дальнейшая разработка темы может быть направлена на подробное изучение биохимического состава слюны лошадей, его связи с рисунком

микрoкpисталлизaции и с уровнем физическoй нaгрузки. Также актуaльно продолжение исследования биохимических изменений кpови под влиянием физическoй нaгрузки и связи этих изменений с экспрессией генов и генотипом спортивных лошадей, что в перспективе позволит выявлять наиболее конкурентоспособных для спорта особей по генотипу и осуществлять отбор жеребят в раннем возрасте, что делает возможным сокращение затрат на подготовку молоднякa.

Недостаточно на сегодняшний день данных о влиянии кишечного микробиома на результативность лошадей, а также о влиянии физической нагрузки на видовой состав кишечного микробиома, о механизмах взаимодействия между макроорганизмом и микробиомом кишечника, о способах управления его видовым составом. Всё это является перспективным направлением дальнейшей разработки темы.

Дальнейшая работа может быть направлена на сравнение эффективности различных по составу пробиотиков на повышение работоспособности лошадей, установление механизмов связи кишечного микробиома с внутренней средой организма.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных журналах согласно перечню ВАК Российской Федерации

1. Великодная, Е. К. Влияние физических нагрузок на иммуно-биохимический статус спортивных лошадей (обзор литературы) / Е. К. Великодная, Л. Ю. Карпенко // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2025. – № 2(66). – С. 3-12.

2. Великодная, Е. К. Влияние длительной аэробной нагрузки на показатели крови лошадей арабской породы / Е. К. Великодная // ВестникКрасГАУ. – 2025. – № 11(224). – С. 156-168.

3. Великодная, Е. К. Изменение лейкограммы спортивных лошадей под влиянием физической нагрузки разной интенсивности / Е. К. Великодная // Иппология и ветеринария. – 2026. – № 1(59). – С. 93-99. – DOI 10.52419/2225-1537/2026.1.93-99.

4. Великодная, Е. К. Динамика показателей лейкограммы спортивных лошадей под влиянием пробиотика / Е. К. Великодная // Международный вестник ветеринарии. – 2026. – № 1. – С. 233-242.

Основные публикации в журналах, сборниках и материалах конференций

5. Великодная, Е. К. Изучение микрoкpисталлизaции слюны лошадей / Е. К. Великодная, А. Ю. Солодилова // Знания молодых для развития ветеринарно медицины и АПК страны : материалы XIV международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященные 80-летию

Победы в Великой Отечественной войне, Санкт-Петербург: ИП Перевощикова Юлия, 2025. – С. 102-103.

6. Великодная, Е. К. Анализ заболеваемости лошадей в зависимости от уровня физической нагрузки / Е. К. Великодная, А. Ю. Солодилова // Материалы 79-й международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ, Санкт-Петербург, 31 марта – 07 апреля, 2025 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2025. – С. 51-53.

7. Великодная, Е. К. Оценка конкурентоспособности лошадей разных пород в дисциплине конного спорта – дистанционные пробеги / Е. К. Великодная, Л.Ю. Карпенко // Global Issues Forum 2025: Veterinary Medicine, Biology, Biotechnology, Zootechnology, Pedagogical and Philological Sciences : Материалы IV международного научно-практического форума, Москва, 10-14 ноября 2025 года. – Москва: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина, 2025. – С. 98-102.

8. Великодная, Е. К. Исследование микробиома спортивных лошадей в зависимости от уровня физической нагрузки / Е. К. Великодная, А. Ю. Солодилова // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны : Материалы XIII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 300-летию РАН, Санкт-Петербург, 21-22 ноября 2024 года. – Санкт-Петербург: Перевощикова Юлия Владимировна, 2024. – С. 99-101.

9. Великодная, Е. К. Оценка динамики развития соревнований по дистанционным пробегам лошадей в Ленинградской области / Е. К. Великодная // Материалы 80-й международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ, Санкт-Петербург, 13–20 апреля 2026 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2026. – С. 36-38.

Патент на полезную модель

10. Патент на полезную модель № 239532 U1 Российская Федерация, МПК А61D 15/00, А61D 99/00. Слюноотборник для лошадей : заявл. 19.05.2025 : опубл. 05.12.2025 / Е. К. Великодная, А. А. Бахта, М. В. Киянчук, Л. Ю. Карпенка ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

Свидетельства о государственной регистрации баз данных

11. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025626112 Российская Федерация. Характеристика гормонального статуса организма лошадей разных половозрастных групп в покое и после физической нагрузки : заявл. 19.11.2025 : опубл. 15.12.2025 / Л. Ю. Карпенко, С. В. Васильева, Е. К. Великодная ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».