

На правах рукописи

Нефедов Антон Максимович

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕМОРБИДНОЙ
ДИАГНОСТИКИ ЛАМИНИТА У ЛОШАДЕЙ**

4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата ветеринарных наук

Москва - 2025

Работа выполнена на кафедре «Ветеринарная медицина» института «Ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности» ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»

Научный руководитель: Луцай Владимир Иванович, заведующий кафедрой «Ветеринарная медицина» института «Ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», доктор ветеринарных наук

Официальные оппоненты: Ковалев Сергей Павлович, заведующий кафедрой «Клинической диагностики» Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины, доктор ветеринарных наук

Чернигова Светлана Владимировна, директор института ветеринарной медицины и биотехнологии Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, доктор ветеринарных наук

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К. И. Скрябина»

Защита состоится «21» января 2026 г. в 13-00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.334.02 при ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» (109029, г. Москва, Талалихина, д. 33).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотечно-информационном центре ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» по адресу: 109029, г. Москва, Талалихина, д. 33.

Объявление о защите размещено на сайтах ВАК и ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»: <https://vak.minobrnauki.gov.ru>, https://rosbiotech.ru/science/diss/24233402/list/?ELEMENT_ID=17793.

Автореферат разослан «___» _____ 2025г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор ветеринарных наук,
доцент

Руденко Андрей Анатольевич

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Ламинит является одним из наиболее серьёзных и распространённых заболеваний копыт у лошадей, которое характеризуется воспалением и нарушением кровообращения в ламинарной ткани. По данным исследований, частота возникновения ламинита среди лошадей составляет до 15% в год, причём у 75% животных, перенёсших заболевание, развивается хроническая форма, что значительно снижает их работоспособность (Концевая С.Ю., 2016; Коробчук М.В., 2024; Жуков В.М., 2019). Кроме того, это состояние является основной причиной выбраковки спортивных лошадей, подчеркивая его значимость в ветеринарии. Множество авторов описывали копыта лошадей, как 4 дополнительных сердца лошади, из-за их уникальной анатомической и физиологической роли в кровообращении. Внутри копыта располагается структура, называемая копытной подушкой (или дигитальный аппарат). Она состоит из эластичной ткани и играет роль своеобразного насоса (Стекольников А.А., 2023; Уша Б.В., 2021; Луцай В.И., Руденко А.А. 2023).

Анализ литературных источников, посвящённых разработке новых методов ранней диагностики ламинита у лошадей, позволяет определить современное состояние научных знаний в этой области. Несмотря на значительный интерес к теме, многие исследования акцентируют внимание на уже выраженных клинических формах заболевания, тогда как диагностика на ранней, преморбидной стадии остаётся недостаточно проработанной. (Wattle, O., Pollitt, C. C., 2019; van Eps, A. W., Collins, S. N., 2021).

По данным современных исследований, патогенетические механизмы ламинита рассматриваются в тесной связи с метаболическими и сосудистыми нарушениями (Блинов А.В., 2017; Казанцева Е.П., 2020; Руденко А.А., 2022). Особое внимание уделяется внедрению инструментальных технологий, в том числе термографии и цифровых методов визуализации, которые позволяют выявлять патологические изменения на доклиническом этапе (Outerbridge С.А., 2021; Jordan T.J.M., 2021). Кроме того, в научной литературе недостаточно комплексных работ, объединяющих гематологические, биохимические и визуализирующие методы оценки состояния животных. (Gutierrez-Nibeyro, S. D., 2020).

Современные тенденции указывают на возрастающий интерес к созданию и внедрению интегративных диагностических подходов, позволяющих выявить патологические изменения на самых ранних этапах. Особое внимание уделяется термографии как неинвазивному методу, способному фиксировать локальное повышение температуры в области копыт, а также исследованию биохимических маркеров, таких как креатининфосфокиназа и лактатдегидрогеназа, отражающих деструктивные процессы в тканях (Казанина М.А., 2018; Эверстова Е.А., Толкачев В.А., 2018; Яшина П.А., Сеин О.Б., 2020; Timothy J. Nuttall, Rosanna Marsella et al., 2019; Domenico Santoro, 2019).

Многие авторы подчёркивают необходимость стандартизации методик и

создания алгоритмов раннего скрининга, что позволит своевременно диагностировать ламинит до развития выраженных клинических признаков. (Захаров А. Ю., Горохов В. Е. и др., 2022) Также отмечается важность сочетания клинических, лабораторных и визуальных методов для повышения чувствительности и специфичности диагностики. Предыдущие исследования показали, что активность креатининфосфокиназы в сыворотке крови может служить важным биохимическим маркером степени развития ламинита (Suttiwee Chermprapai, Thomas H.A. et al., 2019; Kim Ahrens, Rachel Wilkes et al., 2020; Evi I. Sofou, Svetlina Aleksandrova et al., 2022).

Ранее были установлены преимущества использования термографии в диагностике ламинита у лошадей, таких как высокая чувствительность к начальным изменениям температуры копыт (Marsella R., 2021; Ferreira T.C. et al., 2021; Verde M.T. et al., 2022; Outerbridge C.A., Jordan T.J.M., 2021; Усенко В.В., Тарабрин И.В., Ломидзе М.А., 2021; Шведова А.Д., Михайлова А.Б., 2022; Николаева Л.В., 2023).

Степень разработанности темы. Вопросы этиологии, патогенеза и клинической диагностики ламинита достаточно широко освещены в отечественных и зарубежных исследованиях (Концевая С.Ю., 2016; Жуков В.М., 2019; Wattle O., Pollitt C.C., 2019; van Eps, Collins S.N., 2021). Изучены сосудистые нарушения и их роль в патогенезе заболевания (Башкатова Н.А., 2020), а также предложены комплексные лабораторно-инструментальные подходы к его диагностике (Ковалев С.П., 2022). Вместе с тем, большинство работ ориентировано на острые и хронические стадии процесса, тогда как преморбидная диагностика остаётся недостаточно разработанной, отсутствуют унифицированные протоколы и интегративные алгоритмы, что обуславливает необходимость дальнейших исследований в данном направлении (Мельникова, 2019; Сергеев, 2021; Павлов, 2022).

Цель исследования: теоретически и экспериментально обосновать применение диагностических маркеров как элемента научно-методического подхода к преморбидной диагностике ламинита у лошадей. Для реализации указанной цели были поставлены **следующие задачи:**

1. Изучить клинические маркеры крови при ламинитах на разных стадиях развития;
2. Изучить биохимические маркеры сыворотки крови на разных стадиях развития ламинита;
3. Изучить диагностическую эффективность термографии при разных стадиях развития ламинита;
4. Провести сравнительный анализ эффективности применения неспецифических маркеров, основанных на разных принципах диагностики;
5. Теоретически обосновать необходимость разработки и применения научно-методического подхода к ранней диагностике ламинита у лошадей.

Объект исследования – лошади с ранними признаками развития ламинита

Предмет исследования – физиологические, гематологические, биохимические и температурные показатели лошадей на разных стадиях развития ламинита.

Соответствие работы паспорту научной специальности. Объем данной диссертационной работы соответствует критериям паспорта специальности 4.2.1. – «Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология»: п.3 – «Механизмы нервной и гуморальной регуляции, генетических, молекулярных, биохимических процессов, определяющих динамику и взаимодействие физиологических процессов и функций у животных», п.6 – «Этиологические факторы, патогенетические механизмы развития заболеваний, типовые патологические процессы и реакции организма животных на воздействие патогенного фактора, механизмы исходов и осложнений болезни, разработка этио- и патогенетической терапии с учетом взаимодействия терапевтических факторов с защитно-приспособительными механизмами организма», п.7 – «Общепатологические процессы у животных, патогенетические механизмы и патоморфологические изменения при болезнях различной этиологии. Методы установления основного заболевания, его осложнений при сопутствующих патологических процессах и их роль в танатогенезе», п.11 – «Профилактика возникновения болезней животных, оптимизация лечебных мероприятий, прогнозирование исходов заболеваний и оценка эффективности схем и методов профилактики и лечения».

Научная новизна. Впервые проведен систематизированный сравнительный анализ гематологических, биохимических и термографических параметров у лошадей с различными стадиями ламинита, включая, животных с ранней стадией развития болезни, животных в острой фазе болезни, животных в хронической стадии заболевания, клинически здоровых животных.

Установлены статистически значимые изменения сывороточной активности креатинфосфокиназы и лактатдегидрогеназы у лошадей с ранней стадией развития заболевания и в острой фазе ламинита. Обнаружено, что активность данных ферментов являются биохимическими маркерами разрушения тканей копыта, причём их динамика (увеличение показателей на протяжении периода наблюдений) коррелирует с тяжестью патологического процесса.

Впервые показана корреляция между степенью хромоты у лошадей и температурой венечной линии копыт, что демонстрирует прямую связь воспалительного процесса с локальным повышением температуры. Установлено, что при ранней стадии развития ламинита, температура венечной области повышается на $0,5-1,0 \pm 0,1$ °C, а при острой фазе – на $1,5-2,0 \pm 0,1$ °C по сравнению с клинически здоровыми животными. Эти данные подтверждают возможность использования термографии для оценки степени воспаления.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Результаты клинических, гематологических и термографических исследований используются для ветеринарной практики и в диагностике лошадей, страдающих ламинитом.

Разработано учебно-методическое пособие «Ламинит лошадей. Меры борьбы и профилактика» ООО «Франтера» г. Москва, 2024г.

Метод мультимодальной оценки заболевания ламинитом введен в практику конно-спортивного клуба “Black Horse” (Россия, Московская область, Раменский городской округ, деревня Плетениха), конного клуба «Белая Дача» (Россия, Московская область, город Котельники, Полевой пр., 3В).

Применение данной оценки у лошадей с ламинитом значительно повышает эффективность ранней диагностики, что позволит проводить наиболее эффективную терапию на преморбидной стадии заболевания. Результаты исследований используются в материалах университетских лекций и в практических занятиях на кафедре «Ветеринарная медицина» для студентов Института ветеринарной медицины, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», а также в департаменте ветеринарной медицины для студентов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Методология и методы исследования. Тема диссертации является частью научно-исследовательской работы кафедры «Ветеринарная медицина» института «Ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». При проведении исследований использовали метод анализа, сравнения, обобщения и статистический анализ.

Методы исследования – клинические, морфологические, биохимические, термографические, физиологические и статистический анализ экспериментальных данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Клинические и биохимические маркеры крови при ламинитах на разных стадиях развития;
2. Диагностическая эффективность термографии при разных стадиях развития ламинита;
3. Результаты сравнительного анализа эффективности неспецифических маркеров, основанные на разных принципах диагностики;
4. Теоретическое обоснование необходимости мультимодальной диагностики для выявления ламинитов у лошадей.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Фундаментальные положения данной диссертационной работы продемонстрированы в итоговых отчетах за 2022–2024 гг. Тема диссертационной работы, направления и выводы исследований, изложенные в материалах диссертации, доложены и обсуждены на заседаниях кафедры «Ветеринарная медицина» Института ветеринарии, ветеринарно- санитарной экспертизы и агробезопасности 2021-2024 гг.; на Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора, доктора ветеринарных наук Г. С. Мастыко, г. Витебск, 4 ноября 2022 г.; на национальной научно-практической конференции «Актуальные вопросы биоэкологического

мониторинга фауны центральных регионов России» г. Москва 25 октября 2022г; на международной научно-практической конференции преподавателей, аспирантов и студентов «Диагностика, терапия и профилактика болезней животных» (г. Москва 14 декабря 2022 г.) на научно-практическом семинаре «Современные подходы в лабораторной диагностике» (г. Москва 13 марта 2025 г.).

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 6 научных статьях высшей аттестационной комиссии, в том числе – 4 в журналах, из них 2 входит в базу данных RSCI.

Личный вклад автора и выполнение работы. В представленных материалах диссертантом самостоятельно проведен анализ научной литературы по изучаемой проблеме, экспериментальные исследования, автором самостоятельно выполнены расчеты и проведены клинические, гематологические, термографические исследования, а также статистическую обработку полученных цифровых данных. Термографические исследования проведены совместно с профессором кафедры «Ветеринарная медицина», д.в.н, В.И. Луцай.

Объем и структуры диссертации. Диссертация изложена на 144 страницах компьютерного текста и включает: общую характеристику работы, обзор литературы, собственные исследования, обсуждение полученных результатов, выводы, практические предложения, список использованной литературы и приложения, включающий 134 источников, в том числе 19 на иностранных языках. Работа иллюстрирована 14 таблицами, 29 рисунками.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1. Обзор литературы

В литературном обзоре по теме мультимодальной оценки заболевания ламинитом у лошадей был проведен анализ научных и исследовательских источников, включая отечественную и зарубежную литературу. В разделе рассмотрены данные об этиологии и патогенезе ламинита у лошадей, в том числе о роли различных факторов в его развитии, таких как перегрузка копыт, пищевые нарушения и механические повреждения. Также освещены методы диагностики и дифференциальной диагностики ламинита, включая анализ крови и термографию. Проведен анализ клинических исследований, описывающих характерные клинические проявления заболевания и его стадии, а также методы лечения и их эффективность. Важным аспектом обзора является обоснование применения комплексного подхода в оценке ламинита, включающего в себя несколько методов диагностики и мониторинга состояния лошадей с заболеванием.

2.2. Материалы и методы исследования

Диссертационная работа выполнена в период 2021-2024 гг. на базе кафедры «Ветеринарная медицина» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», клиническая часть – в конноспортивном клубе “Black Horse” (Россия, Московская область,

Раменский городской округ, деревня Плетениха), конном клубе «Белая Дача» (Россия, Московская область, город Котельники, Полевой пр., 3В).

Осмотр животных, отбор биоматериала проводили в соответствии с Международными биоэтическими нормами, положениями IV Европейской Конвенции «О защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей» (ETS 123, 1986), а также законодательным актам РФ по проведению экспериментов.

Обследование лошадей с подозрением на ламинит проводили, используя комплексный подход к диагностике, включающий клиническое обследование, лабораторные исследования и термографию.

Обследование начинали со сбора анамнеза, обращая особое внимание на возможные факторы риска. При клиническом обследовании обращали внимание на походку и постановку конечностей, а также на ширину белой линии, так как при ламините слои трубчатого рога могут расслаиваться из-за нарушения крепких связей в тканях. Осматривали подошву копыта для выявления различных уплотнений, которые могут возникать вследствие давления деформированной копытной кости.

Пальпацией области венечной линии и копытной капсулы определяли болезненность, наличие отёчности, местного повышения температуры. Чувствительность копытного рога, болезненность подошвы определяли при помощи пинцетных тестов. Для исключения других патологий (абсцессы копыт, механические травмы, инфекционные процессы) проводили микробиологические исследования. Соскобы с венечной линии копыта проводились у всех животных с признаками воспаления или болезненности в данной зоне. В случаях наличия серозного или гнойного экссудата в области копытного рога производился забор жидкости с соблюдением правил асептики. Полученные образцы помещались в стерильные транспортные среды и доставлялись в лабораторию в течение 2–4 часов после забора.

Кровь для общеклинического исследования брали натошак из ярёмной вены в вакуумную пробирку Improvacuter с ЭДТА К2 (Guangzhou Improve Medical Instruments Co., Ltd, Китай) для общего анализа крови. Общеклинический анализ крови включал в себя определение общего количества эритроцитов, концентрации гемоглобина, количество лейкоцитов и тромбоцитов. Исследование общего анализа крови производился на гематологическом анализаторе Dymind DH36 Vet (Dymind, Китай). Подсчет лейкоцитарной формулы проводили методом микроскопии мазка крови, окрашенных по Романовскому-Гимза при увеличении X 100 на микроскопе Микмед 6 (АО "ЛОМО", Россия).

Кровь для биохимического исследования брали натошак из ярёмной вены в вакуумную пробирку Improvacuter с активатором свертывания и гелем 4 мл (Guangzhou Improve Medical Instruments Co., Ltd, Китай). Исследовали содержание креатининфосфокиназы (КФК) и лактатдегидрогеназы (ЛДГ) как индикаторов повреждения мышечной ткани. Активность ферментов в сыворотке крови определяли с помощью стандартных биохимических методов. Для

транспортировки пробирок с биологическим материалом до лаборатории использовали специальный контейнер с охлаждающими элементами, чтобы поддерживать температуру в диапазоне от +2 до +4 градусов Цельсия. Исследование биохимического анализа крови производили на анализаторе Sapphire 500 (Hirose Electronic System Co., Япония).

Термографию копыт проводили с помощью инфракрасной тепловизионной камеры UNI-T Pro UTI260B (Китай). Сканирование венечной области копыт проводили с расстояния 1 метра, что соответствует требованиям международного стандарта ISO 13154:2017 и методическим рекомендациям, приведённым в работах Ng et al. (2006). Такой подход позволял обеспечить достоверность температурных измерений, исключить влияние расфокусировки и тепловых искажений при слишком близком контакте камеры с объектом. Венечная область копыта была выбрана потому, что она является местом активного кровообращения, находится в верхней части копытной стенки, где проходят многочисленные кровеносные сосуды, включая артерии и вены, питающие ламинарный аппарат. При воспалении, связанном с ламинитом, в этой области отмечается нарушение кровообращения, которое приводит к гиперемии (усиленному притоку крови) и повышению локальной температуры.

Идентификацию микроорганизмов проводили методом оценки морфологии колоний. Для культивирования и первичной идентификации возбудителей использовались следующие питательные среды:

Кровяной агар — для выделения гемолитических бактерий (*Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp.) «Himedia Laboratories Pvt. Ltd.» (Индия); МакКонки-агар — для выявления и дифференцировки грамотрицательных бактерий семейства *Enterobacteriaceae* «Himedia Laboratories Pvt. Ltd.» (Индия); Сабуро-агар — для диагностики грибковых патогенов «Bio-Rad Laboratories» (Франция); Среда тиогликолята — для культивирования анаэробных бактерий «Oxoid Ltd.» (Великобритания).

Антибиотикочувствительность определяли методом диско-диффузии по Kirby-Bauer, с интерпретацией результатов согласно рекомендациям CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2021).

Проценты выявленных случаев ламинита рассчитывались как доля лошадей с высоким положительным результатом диагностики по каждому методу от общего числа обследованных животных. В данном исследовании обследовано 60 лошадей с подозрением на ламинит. Расчёт выполнялся по формуле:

$$\text{Процент выявленных случаев} = \frac{\text{Количество лошадей с высоким положительным результатом}}{\text{Общее число обследованных лошадей}} \times 100\%$$

Полученные данные обработаны методом вариационной статистики (Куликов Л.В., Никишов А.А., 2006) с использованием пакета программ Statistica для Windows.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Результаты клинического обследования животных

На основании проведенных исследований было отобрано 80 лошадей в возрасте от 4 до 14 лет, массой от 300 до 500 кг, отнесённых к различным клиническим группам по степени выраженности признаков ламинита.

Группа 1 (контрольная): (n=20) полностью здоровые лошади. Эти животные не проявляли признаков хромоты, воспаления копыт или других клинических симптомов, связанных с ламинитом. Контрольная группа служила для определения нормальных физиологических показателей в исследуемых анализах.

Группа 2 (лошади со стадией раннего развития): (n=20), у которых была диагностирована преморбидная стадия ламинита. Эта стадия характеризовалась локальной болезненностью копыт и незначительными изменениями в поведении животных.

Группа 3 (лошади с острой стадией ламинита): (n=20), имели более выраженные симптомы. У животных наблюдалась сильная хромота, затруднённое движение, болезненность в области копыт, местное повышение температуры, а в некоторых случаях — отёки в области венчика.

Группа 4 (лошади с хронической стадией ламинита): (n=20) отмечались структурные изменения копыт (например, деформация копытной стенки и ротация копытной кости), периодические эпизоды хромоты и снижение качества жизни.

В течение всего периода исследования лошадям, контрольной группы, а также лошадям страдающим ламинитом, был назначен рацион, который включал в себя овес (55%), ячмень (25%), соевую муку (10%), отруби (10%) вместе с необходимыми минеральными и витаминными добавками. Обе группы животных имели неограниченный доступ к сену.

3.2. Общеклиническое исследование крови лошадей больных ламинитом

Проведённые исследования показали, что у лошадей с ламинитом происходят выраженные изменения в гематологических параметрах. Уже на ранней стадии фиксируются сдвиги, преимущественно связанные с воспалительным процессом, тогда как в острой фазе формируется более глубокий комплекс нарушений, включающий признаки анемии, активацию системы свёртывания крови и системный воспалительный ответ.

Общий клинический анализ крови проводился у лошадей контрольной группы, а также у лошадей с ранней, острой и хронической стадиями ламинита. Однако у животных с хронической стадией изменения от показателей оставались в пределах физиологической нормы и не имели клинической значимости, поэтому данные этой группы не учитывались при последующем статистическом анализе.

В эритроцитарном звене выявлено достоверное снижение уровня гемоглобина и количества эритроцитов. Так, у клинически здоровых животных концентрация гемоглобина составляла 120 ± 25 г/л, а число эритроцитов — $8,45 \times 10^{12}/л$. В ранней стадии ламинита эти показатели снижались до 119 ± 21 г/л и $7,61 \times 10^{12}/л$ соответственно, а в острой фазе — до 110 ± 15 г/л и $6,0 \times 10^{12}/л$ ($p < 0,05$). На 10-е сутки наблюдалось дальнейшее падение: при ранней стадии гемоглобин составлял 114 ± 16 г/л, количество эритроцитов — $6,97 \times 10^{12}/л$, а в острой фазе — 109 ± 12 г/л и $6,2 \times 10^{12}/л$, соответственно гематокрит не снижался при ранней стадии и острой фазе (1-е сутки), а к 10-м суткам — до 39% и 37% соответственно. (Таблица 1.)

Таблица 1. Динамика гематологических показателей (1-е и 10-е сутки)

Показатель	Контроль	Ранняя стадия (1-е сутки)	Острая стадия (1-е сутки)	Ранняя стадия (10-е сутки)	Острая стадия (10-е сутки)
Гематокрит (%)	42	41	35*	39	37
Гемоглобин (г/л)	120	119	110*	114	109*
Эритроциты ($\times 10^{12}/л$)	8,45	7,61	6,0*	6,97	6,2*
Тромбоциты ($\times 10^9/л$)	240	390*	435*	390*	430*
Лейкоциты ($\times 10^9/л$)	8,15	12,8*	15,21*	13,17*	16,81*
СОЭ (мм/ч)	64	71*	85*	80*	88*

* — различия достоверны ($p \leq 0,05$).

Динамика уровня гемоглобина наглядно отражает постепенное снижение его уровня у животных с ламинитом, особенно выраженное в острой фазе. Аналогичная тенденция наблюдается и для количества эритроцитов (рис. 1), где кривые для больных групп располагаются значительно ниже контрольной. На рис. 2 показана динамика количества лейкоцитов, наглядно демонстрирующая их прогрессивное увеличение при прогрессировании патологии. Дополнительным подтверждением воспаления являлось повышение СОЭ: с 64 мм/ч у контроля до 71–80 мм/ч при ранней стадии и 85–88 мм/ч в острой фазе.

Наряду с изменениями эритроцитарного звена у лошадей с ламинитом отмечалась тенденция к тромбоцитозу (таблица 1). Если у клинически здоровых лошадей уровень тромбоцитов составлял $240 \pm 80 \times 10^9/л$, то в ранней стадии он возрастал до $390 \times 10^9/л$ ($p < 0,001$), а в острой фазе — до $435 \times 10^9/л$. К 10-м суткам сохранялась аналогичная тенденция: 390 и $430 \times 10^9/л$ соответственно. Это свидетельствует о включении механизмов гиперкоагуляции и активации воспалительного ответа.

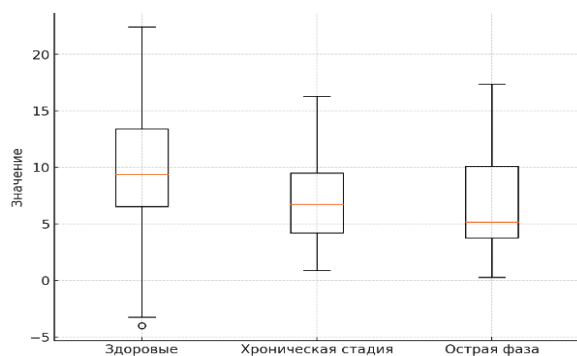


Рисунок 1 – Сравнение количества эритроцитов у лошадей с ламинитом и здоровых животных.

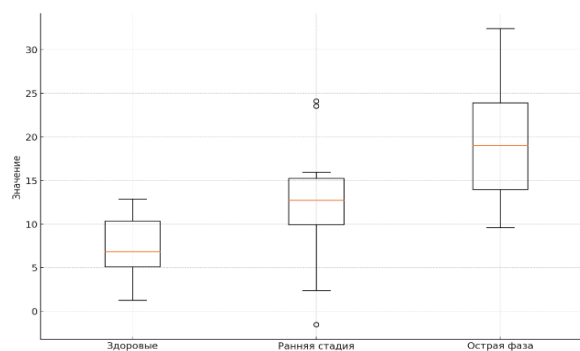


Рисунок 2 – Увеличение количества лейкоцитов у лошадей с ламинитом по сравнению с клинически здоровыми животными

Существенные изменения отмечены и в лейкоцитарной формуле. У клинически здоровых животных число лейкоцитов составляло $8,15 \pm 4,1 \times 10^9/\text{л}$, тогда как при ранней стадии оно увеличивалось до $12,8\text{--}13,17 \times 10^9/\text{л}$, а в острой фазе достигало $15,21\text{--}16,81 \times 10^9/\text{л}$ ($p < 0,001$). При этом процент сегментоядерных нейтрофилов возрастал до 69–74% в ранней стадии и 76–79% в острой, тогда как содержание лимфоцитов снижалось с 43% у контроля до 23–26% и 17–19% соответственно. Это отражает активацию острого воспалительного ответа и перераспределение клеток иммунной системы.

Для объективной оценки различий между группами был проведён сравнительный статистический анализ с использованием t-критерия Стьюдента (Таблица 2).

Таблица 2. Статистическая оценка различий (t-критерий Стьюдента)

Показатель	Контроль / Ранняя стадия (1-е)	Контроль / Острая стадия (1-е)	Контроль / Ранняя стадия (10-е)	Контроль / Острая стадия (10-е)
Гематокрит (%)	$t=0,52; p>0,05$	$t=4,83; p<0,001$	$t=1,67; p>0,05$	$t=3,23; p<0,01$
Гемоглобин (г/л)	$t=0,20; p>0,05$	$t=2,11; p<0,05$	$t=1,53; p>0,05$	$t=2,48; p<0,05$
Эритроциты ($\times 10^{12}/\text{л}$)	$t=0,74; p>0,05$	$t=3,19; p<0,01$	$t=1,64; p>0,05$	$t=2,34; p<0,05$
Тромбоциты ($\times 10^9/\text{л}$)	$t=6,53; p<0,001$	$t=8,77; p<0,001$	$t=8,91; p<0,001$	$t=11,08; p<0,001$
Лейкоциты ($\times 10^9/\text{л}$)	$t=5,41; p<0,001$	$t=7,07; p<0,001$	$t=4,96; p<0,001$	$t=8,34; p<0,001$

Примечание: * $P \leq 0,05$ – достоверность разницы по сравнению с показателями клинически здоровых животных

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют об изменении гематологических показателей у лошадей в зависимости от стадии ламинита и характеризуются снижением количества эритроцитов и уровня гемоглобина при одновременном увеличении в крови тромбоцитов и лейкоцитов, что указывает на развитие системного воспаления.

3.3. Биохимическое исследование крови лошадей больных ламинитом

У клинически здоровых животных активность КФК в сыворотке крови оставалась стабильной на протяжении всего периода наблюдения, составляя в среднем около 196–200 Ед/л. В группе с ранней стадией ламинита активность данного фермента на 1-е сутки составила $226,0 \pm 22,9$ Ед/л, что указывает на начало патологических изменений в тканях копыт. На 5-е сутки этот показатель вырос до $240,1 \pm 30,2$ Ед/л ($p < 0,05$), а к 10-м суткам достиг $268,8 \pm 15,1$ Ед/л ($p < 0,001$), что подтверждает нарастающее повреждение клеточных структур. Наиболее выраженные изменения отмечались у животных в острой фазе ламинита: активность КФК на 1-е сутки достигала $618,1 \pm 16,1$ Ед/л, на 5-е сутки — $623,2 \pm 20,4$ Ед/л, а к 10-м суткам — $628,2 \pm 15,6$ Ед/л, что в 3 раза превышало показатели контроля и отражало тяжёлое повреждение тканей и выраженный воспалительный процесс.

Таблица 3. Активность креатинфосфокиназы в сыворотке крови (Ед/л) у лошадей при разных формах ламинита

Сутки	Контроль	Ранняя стадия	Острая стадия	Хроническая стадия
1-е	$196,8 \pm 66,1$	$226,0 \pm 22,9$	$618,1 \pm 16,1$	$216,2 \pm 14,4$
5-е	$198,5 \pm 70,0$	$240,1 \pm 30,2$	$623,2 \pm 20,4$	$222,4 \pm 12,7$
10-е	$200,3 \pm 68,5$	$268,8 \pm 15,1$	$628,2 \pm 15,6$	$220,9 \pm 11,9$

Как видно из таблицы 3, показатели у клинически здоровых животных оставались практически неизменными, тогда как у животных с ранней стадией и особенно с острой формой ламинита наблюдалось последовательное увеличение ферментативной активности КФК в сыворотке крови.

При сравнении активности КФК в сыворотке крови с контрольными значениями установлено, что в ранней стадии на 1-е сутки фермент превышал норму на 15%, на 5-е — на 21%, а на 10-е — на 34%. В острой стадии различия были более выраженными: активность КФК была выше контроля в 3,1 раза на 1-е сутки, в 3,2 раза на 5-е и в 3,1 раза на 10-е ($p < 0,001$).

Анализ активности ЛДГ в сыворотке крови показал аналогичную тенденцию. У клинически здоровых животных уровень данного фермента на 1-е сутки составлял $320,0 \pm 50,0$ Ед/л и сохранялся стабильным в пределах 325–330 Ед/л на протяжении всего исследования. В ранней стадии ламинита сывороточная активность ЛДГ была значительно выше: $410,0 \pm 60,0$ Ед/л на 1-е сутки, $430,0 \pm 55,0$ Ед/л на 5-е и $450,0 \pm 50,0$ Ед/л на 10-е ($p < 0,05$). В острой фазе показатели возрастали

ещё более значительно: $720,0 \pm 80,0$ Ед/л (1-е сутки), $740,0 \pm 75,0$ Ед/л (5-е сутки) и $760,0 \pm 70,0$ Ед/л (10-е сутки), что свидетельствует о выраженном повреждении тканей и развитии гипоксического процесса.

Таблица 4. Активность лактатдегидрогеназы (Ед/л) у лошадей с разными стадиями ламинита

Сутки	Контроль	Ранняя стадия	Острая стадия	Хроническая стадия
1-е	$320,0 \pm 50,0$	$410,0 \pm 60,0$	$720,0 \pm 80,0$	$407,0 \pm 35,0$
5-е	$325,0 \pm 48,0$	$430,0 \pm 55,0$	$740,0 \pm 75,0$	$402,0 \pm 33,0$
10-е	$330,0 \pm 45,0$	$450,0 \pm 50,0$	$760,0 \pm 70,0$	$411,0 \pm 36,0$

Для более детальной оценки различий был проведён сравнительный анализ с использованием доверительных интервалов и р-значений (табл. 5)

Таблица 5. Сравнительный анализ активности креатинфосфокиназы и лактатдегидрогеназы (Ед/л) в сыворотке крови у лошадей с ламинитом

Группа	1-е сутки	5-е сутки	10-е сутки	р (vs контроль)
Активность креатинфосфокиназы				
Контроль	196,8 (166,7–226,9)	198,5 (166,6–230,4)	200,3 (170,2–230,4)	—
Ранняя стадия	226,0 (215,3–236,7)	240,1 (225,8–254,4)	268,8 (262,0–275,6)	<0,001
Острая стадия	618,1 (610,7–625,5)	623,2 (612,8–633,6)	628,2 (621,2–635,2)	<0,001
Хроническая стадия	216,2 (209,7–222,7)	222,4 (216,5–228,3)	220,9 (215,4–226,4)	<0,001
Активность лактатдегидрогеназы				
Контроль	320,0 (296,0–344,0)	325,0 (302,0–348,0)	330,0 (310,0–350,0)	—
Ранняя стадия	410,0 (382,0–438,0)	430,0 (405,0–455,0)	450,0 (430,0–470,0)	<0,001
Острая стадия	720,0 (680,0–760,0)	740,0 (702,0–778,0)	760,0 (724,0–796,0)	<0,001
Хроническая стадия	407,0 (394,0–420,0)	402,0 (390,0–414,0)	411,0 (398,0–424,0)	<0,001

Примечание: * $P \leq 0,05$ – достоверность разницы по сравнению с показателями клинически здоровых животных

Данные из таблицы 5 подчёркивают, что различия между контрольной группой, ранней/хронической стадией и острой фазой ламинита являются статистически высоко достоверными ($p < 0,001$), что подтверждает ценность КФК и ЛДГ как диагностических критериев.

Результаты исследования показали, что активность КФК и ЛДГ в сыворотке крови может служить надёжным биохимическим индикатором степени тяжести ламинита у лошадей. Для клинически здоровых животных характерна стабильность показателей в пределах нормы. В ранней стадии ламинита наблюдается постепенный рост активности ферментов, что указывает на

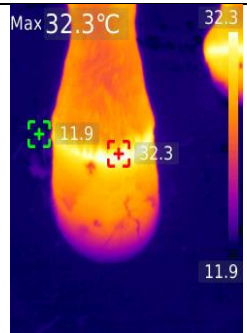
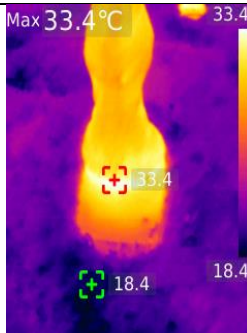
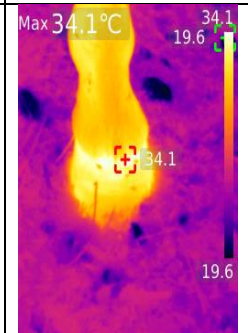
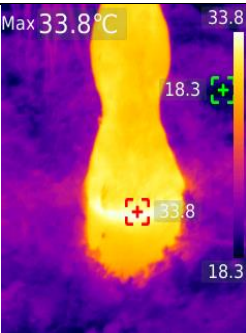
нарастающее повреждение тканей. В острой фазе показатели увеличиваются кратно, демонстрируя выраженные патологические изменения, связанные с воспалением, гипоксией и разрушением клеточных структур.

3.4. Термографическое исследование копыт лошадей больных ламинитом

Проведённое термографическое исследование венечной линии копыт показало, что повышение локальной температуры является надёжным индикатором патологических процессов, сопровождающих развитие ламинита. Так у клинически здоровых лошадей средняя температура венечной области копыт составляла $31,97 \pm 0,33$ °C (минимум 31,5 °C, максимум 32,6 °C). В группе с ранней стадией развития заболевания температура увеличивалась до $33,17 \pm 0,26$ °C, при хронической стадии — до $33,90 \pm 0,12$ °C, а в острой фазе — до $34,21 \pm 0,16$ °C.

Диапазоны температур в зависимости от стадии заболевания представлены в таблице 6.

Таблица 6. Температура венечной линии у лошадей с различными стадиями ламинита

Стадия	Клинически здоровые	Ранняя стадия	Острая фаза	Хроническая стадия
Средняя температура (°C)	$31,97 \pm 0,33$	$33,17 \pm 0,26$	$34,21 \pm 0,16$	$33,90 \pm 0,12$
Диапазон (min–max)	31,5 – 32,6	32,7 – 33,5	34,1 – 34,6	33,7 – 34,1
Иллюстрация				

Для подтверждения значимости различий был проведён статистический анализ с использованием t-критерия Стьюдента (Табл. 7).

Таблица 7. Сравнительный анализ температуры венечной области при разных стадиях ламинита

Сравниваемые группы	Средняя Т первой группы (°C)	Средняя Т второй группы (°C)	t	p
Здоровые vs Ранняя стадия	$31,97 \pm 0,33$	$33,17 \pm 0,26$	–16,1	<0,001***

Здоровые vs Хроническая стадия	31,97 ± 0,33	33,90 ± 0,12	-27,6	<0,001***
Здоровые vs Острая фаза	31,97 ± 0,33	34,21 ± 0,16	-46,0	<0,001***
Ранняя стадия vs Хроническая	33,17 ± 0,26	33,90 ± 0,12	-12,3	<0,001***
Хроническая стадия vs Острая фаза	33,90 ± 0,12	34,21 ± 0,16	-25,8	<0,001***

*** $p \leq 0,001$ — различия достоверны.

Полученные данные подтверждают, что различия статистически высокосignимы ($p < 0,001$) для всех сравнений. Это указывает на то, что повышение температуры венечной линии начинается уже на ранних этапах заболевания, нарастает в хронической стадии и достигает максимума при остром течении.

Так, у лошадей с ранней стадией ламинита температура венечной области была выше контрольной на 1,2 °C (рост на 3,8%). В хронической стадии различие составило 1,9 °C (рост на 6,0%), а в острой фазе — 2,2 °C (рост на 7,0%), что чётко демонстрирует прогрессирующее усиление воспалительно-гиперемического процесса по мере утяжеления патологии.

Дополнительно стоит подчеркнуть, что повышение температуры венечной области имеет не только статистическую, но и диагностическую значимость. Так, у здоровых животных температура варьировала в пределах 31,5–32,6 °C, тогда как при ранней стадии ламинита диапазон смещался вверх (32,7–33,5 °C), а при острой фазе минимальные значения не опускались ниже 34,1 °C.

3.5. Информативность разных методов диагностики острого ламинита у лошадей

Использование мультимодального подхода, включающего общий клинический анализ крови, биохимические исследования крови на наличие ферментов КФК и ЛДГ и термографию, значительно повышает точность диагностики ламинита на ранних стадиях. Комбинация данных этих методов позволяет не только выявить заболевание, но и оценить его тяжесть, что является важным для разработки индивидуальных схем лечения и профилактики.

Анализ крови, включающие гематологические и биохимические показатели (например, количество лейкоцитов, СОЭ, концентрация гемоглобина), показали низкую чувствительность, выявляя только 3.3% случаев ламинита. Это объясняется тем, что изменения в крови становятся заметными уже на более поздних стадиях заболевания, когда воспалительный процесс значительно прогрессировал.

Анализ только уровней активности креатинфосфокиназы и лактатдегидрогеназы в сыворотке крови, которые связаны с повреждением тканей, также имеют ограниченную диагностическую эффективность, позволяя выявить лишь 5% случаев ламинита. Эти показатели хотя и связаны с повреждением тканей, могут изменяться и при других состояниях, что снижает их специфичность.

Метод термографии, использующий инфракрасное изображение для оценки температуры венечной области копыт, продемонстрировал значительно лучшую эффективность, выявляя 11.7% случаев ламинита. Это обусловлено высокой чувствительностью термографии к локальным воспалительным процессам, которые характерны для начальных стадий заболевания.

Наиболее эффективным подходом оказался комплексный метод диагностики, объединяющий анализы крови, показатели активности КФК и ЛДГ в сыворотке крови, а также термографию. Такой подход позволил достичь максимальной точности, выявляя 80% случаев ламинита. Благодаря объединению данных из различных диагностических направлений, мультимодальный подход компенсирует ограничения каждого отдельного метода, что делает его наиболее надёжным инструментом диагностики, особенно на ранних стадиях заболевания.

Рост бактериальной микрофлоры у лошадей с признаками ламинита не обнаружен, что подтверждает неинфекционную природу воспалительного процесса.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведённые исследования выявили значительные изменения в клинических гематологических маркерах у лошадей в хронической и в острой фазе ламинита. Отмечено снижение гематокрита (до $37\pm 4\%$), гемоглобина (до 109 ± 12 г/л) и эритроцитов (до $6,2\pm 4,65\times 10^{12}/л$), что свидетельствует о развитии анемии. Повышение уровня лейкоцитов (до $16,81\pm 6,78\times 10^9/л$) и скорости оседания эритроцитов (до 88 ± 3 мм/ч) подтверждает наличие воспалительного процесса.

2. Активность креатинфосфокиназы в сыворотке крови можно использовать как маркер хронического и острого ламинита. У лошадей в хронической и в острой фазе ламинита она была значительно выше, чем у клинически здоровых животных ($618,2\pm 16,1$ Ед/л против $196,8\pm 66,1$ Ед/л) ($p<0,05$). Наблюдалась тенденция к росту значений данного фермента на протяжении наблюдений, что свидетельствует о прогрессировании воспаления и разрушении тканей.

3. Активность лактатдегидрогеназы в сыворотке крови у лошадей с хронической стадией и в острой фазе ламинита также значительно превышал ($p<0,01$ показатели контрольной группы. В сыворотке крови у здоровых животных активность лактатдегидрогеназы составляла 320 ± 50 Ед/л, тогда как у лошадей с ранней стадией без хромоты – 410 ± 60 Ед/л ($p<0,05$), а в острой фазе – 720 ± 80 Ед/л ($p<0,05$).

4. Температура венечной линии копыт, оцененная методом цифровой термографии, у лошадей с ламинитом увеличивалась пропорционально тяжести процесса: от $31,97\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ у здоровых животных до $34,21\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ в острой фазе. Увеличение температуры на $1,5\text{--}2,5^{\circ}\text{C}$ подтверждает выраженное воспаление и нарушение кровообращения.

5. Результаты исследования подтвердили необходимость разработки научно-методического подхода к ранней диагностике ламинита у лошадей. При использовании только общего анализа крови выявляемость ламинита составила 3.3%, при анализе только биохимических маркеров (КФК и ЛДГ) — 5%. Применение только термографии позволило выявить 11.7% случаев. Мультиmodalная диагностика (ОКА, БХ, термография) повысила эффективность выявления 80% на преморбидной стадии.

5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

На основе проведённого исследования и анализа изменений гематологических, биохимических и термографических показателей у лошадей с различными стадиями ламинита, сформированы следующие практические предложения для ранней диагностики, мониторинга и профилактики данного заболевания.

1. Для повышения точности диагностики острого ламинита рекомендуется применять мультимодальный подход, включающий общеклинический анализ крови для оценки воспалительных процессов (количество лейкоцитов, сегментоядерных нейтрофилов, скорости оседания эритроцитов); биохимический анализ сыворотки крови для выявления повреждения тканей, с использованием уровня активности креатинфосфокиназы и лактатдегидрогеназы в качестве маркеров разрушения тканей; термографическое исследование копыт для неинвазивного обнаружения локального воспаления и нарушения кровообращения в венечной области.

2. Термография должна использоваться для раннего выявления субклинических изменений в копытах до появления выраженных клинических признаков, таких как хромота. Пороговые значения температуры венечной области: здоровые лошади: $31,97 \pm 0,3$ °C; ранняя стадия: повышение температуры до $33,17 \pm 0,3$ °C; хроническая стадия: увеличение до $33,90 \pm 0,1$ °C; острая фаза: значительное повышение до $34,21 \pm 0,2$ °C.

3. При скрининге лошадей на наличие ламинита рекомендуется обращать внимание на ключевые изменения в анализах крови: уровень лейкоцитов - их увеличение выше нормы ($> 12,0 \times 10^9/\text{л}$) свидетельствует о воспалительном процессе; уровень тромбоцитов – увеличение показателя ($390\text{--}430 \times 10^9/\text{л}$) также указывает на активацию воспаления. Повышение скорости оседания эритроцитов выше 70 мм/ч подтверждает наличие воспалительного процесса.

Активность в сыворотке крови КФК: превышение верхней границы нормы (200–250 Ед/л) может свидетельствовать о повреждении тканей, а значительное увеличение (выше 600 Ед/л) – о прогрессировании болезни.

Активность в сыворотке крови ЛДГ: умеренное повышение на ранних стадиях и значительное увеличение в острой фазе (выше 700 Ед/л) является маркером разрушения тканей.

4. Для предотвращения прогрессирования ламинита рекомендуется внедрение следующих мер: регулярные термографические исследования копыт у спортивных и рабочей лошадей, особенно после интенсивных нагрузок.

Проведение анализа крови раз в 3–6 месяцев для контроля воспалительных маркеров у животных из группы риска (лошади с избыточной массой тела, после родов, с нарушениями метаболизма).

Контроль рациона: исключение избыточного потребления углеводов, переход на сбалансированное питание с добавлением витаминов и минералов.

Обеспечение регулярной физической активности для поддержания нормального кровообращения в конечностях.

5. Перспективным направлением представляется дальнейшее совершенствование методов интегративной диагностики ламинита, основанной на сочетанном использовании клинических наблюдений, лабораторно-биохимических показателей и данных термографии. Такой подход позволит повысить чувствительность диагностики на ранних стадиях заболевания и сформировать основу для создания унифицированных протоколов выявления преморбидных форм.

6. СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, В КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рецензируемых ВАК РФ:

1. Нефедов А.М., Луцай В.И., Концевая С.Ю., Руденко А.А. Изменение клеточного состава крови у лошадей при острой форме ламинита // Аграрная наука. 2023; 377(12): 53–57
2. Нефедов А.М., Луцай В.И., Концевая С.Ю., Руденко А.А. Экспресс диагностика выявления ламинита на ранней стадии при помощи термографии у лошадей различных пород // Иппология и ветеринария. 2024; №1 (51)
3. Нефедов А.М., Луцай В.И., Концевая С.Ю., Руденко А.А., Горячева М.М. Системный анализ уровней КФК общего, как потенциального индикатора мышечной патологии у лошадей с ламинитом // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024; №2 (61-66)
4. Нефедов А.М., Луцай В.И., Концевая С.Ю., Лавров С.И., Пекуровский Д.А. Оценка степени хромоты у коров // Аграрная наука. 2021; 354 (11–12): 43–45

Публикации в других изданиях:

5. Нефедов А.М. Генетические аспекты в развитии ламинита лошадей // Инновационные подходы в решении научных проблем. 2024; Е-299: 35-41.
6. Нефедов А.М. Перспективы использования обратной подковы у лошадей с ламинитом // Инноватика в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития. 2024; МНК-474: 34-40