

На правах рукописи



СТЕПУРА ЕВГЕНИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ
ЛОШАДЕЙ И КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА РАЗНЫХ
ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
доктора биологических наук

Якутск 2026

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Морфология, физиология сельскохозяйственных животных и экология» имени профессора И. С. Решетникова, факультета ветеринарной медицины, в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Арктический государственный агротехнологический университет», Республика Саха (Якутия), г. Якутск

Научный консультант: **Федоров Валерий Иннокентьевич**
доктор биологических наук, доцент, ректор
ФГБОУ ВО «Арктический государственный
агротехнологический университет»

Официальные оппоненты: **Концевая Светлана Юрьевна**
доктор ветеринарных наук, профессор,
заведующий кафедрой «Ветеринарная интернатура»
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический
университет»

Руденко Андрей Анатольевич
доктор ветеринарных наук, доцент,
профессор кафедры ветеринарной медицины
ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический
университет»

Курьянова Евгения Владимировна
доктор биологических наук, доцент, профессор
кафедры фундаментальной биологии и биомедицины
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный
университет имени В. Н. Татищева»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины» (ФГБОУ ВО «СПбГУВМ»)

Защита состоится «20» октября 2026 г. в 10 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета 35.2.013.01, в ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» по адресу: 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, корп. 1, ауд. 117 зал совещаний (библиотека).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ и на сайте <http://www.dalgau.ru>, а также на сайте ВАК <https://vak.minobrnauki.gov>. Отзывы на автореферат можно отправлять на e-mail: dis35201301@dalgau.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2026г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Фёдорова Анастасия Олеговна

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования и степень её разработанности. В соответствии с Государственной программой РФ развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, одним из стратегических приоритетов является развитие животноводства (Постановление Правительства РФ от 2 сентября 2021 г. №1474).

В связи с этим одной из основных задач сельского хозяйства РФ является поддержание здоровья продуктивных животных, которая направлена на повышение проявления их генетического потенциала, что, в свою очередь, определяет объём валового производства, а также качество продуктов питания для населения; повышение уровня рентабельности животноводства и продовольственной безопасности РФ.

Изменения природно-климатических условий сказываются в первую очередь на показателях продуктивности сельскохозяйственных животных, физиологических и биохимических показателях функционирования организма. Поэтому изучение адаптационных показателей и функциональных возможностей с учётом природно-климатических условий с целью сохранения продуктивности сельскохозяйственных животных и интенсивного хозяйственного использования актуально и имеет научное и практическое значение.

В современном мире при интенсивной эксплуатации, возрастающих требованиях к увеличению продуктивности сельскохозяйственных животных, актуальным становится определение функционального состояния и адаптационных возможностей организма животных, что является важным составляющим его благополучия. Первостепенной задачей в физиологии и ветеринарной медицине является поиск методов функциональной диагностики, контроля и изучения центральной нервной (ЦНС), сердечно-сосудистой (ССС) и вегетативной нервной (ВНС) систем организма животных.

Комплексный подход к изучению электрофизиологических особенностей адаптационных реакций лошадей и крупного рогатого скота (КРС) с учётом природно-климатических зон позволяет всесторонне оценить функциональное состояние организма и определяет его благополучие и продуктивность. Такой подход возможен при комплексном использовании методов нейрофизиологических исследований – электроэнцефалографии (ЭЭГ), электродермографии, электрокардиограммы (ЭКГ), вариационной пульсометрии (ВП), объёмной компрессионной осциллометрии, дисперсионного картирования (ДК).

Современный уровень знаний отражает накопленный теоретический и практический опыт многих поколений, он ориентирован на изучение и решение актуальных имеющихся и прогнозируемых проблем. Ранее проводились отдельные исследования, определяющие состояние нервной, вегетативной и сердечно-сосудистой систем.

Отдельные исследования функционального состояния ЭЭГ, ЦНС и ССС у сельскохозяйственных животных проводили А.П. Ларионов (1955), П.Е. Евсеев (1956), Н. Вольбург (1962), М.П. Рощевский (1965), В. Клемм (1966), Г.П. Усов (1968), А.Н. Голиков, Е.И. Любимов (1969), В.Н. Щепаренков (1972), Т.В. Ипполитова, Э.Б. Николаева (2004, 2007), Ю.Я. Кравайнис (2005, 2008), Т.В. Ипполитова, К.Р. Гаусс (2013), Т.В. Ипполитова, Н.А. Вирясова (2019), Е.И. Любимов и Ю.В. Дыжин (1971), Т.В. Ипполитова, В.Д. Фомина, О.В. Хмиль (1982), В.Е. Любимов (2004), Е.В. Вербовик (2006), А.Н. Шестакова (2009), А.С. Емельянова (2011), С.Н. Копылов (2012), С.В. Никитов (2013), Е.И. Лупова (2015), Е.Е. Степура (2018), Н.А. Кочуева (2023), В.И. Федоров (2024).

Классическую ЭКГ изучали многие учёные, а по вариационной пульсометрии при влиянии центральной и вегетативной нервной систем с целью оценки функционального состояния организма и адаптационных реакций, а также ЭЭГ животных, существуют только отдельные работы: М.П. Рощевский (1965), Т.В. Ипполитова (1992), Е.В. Вербовик (2006), О.В. Нижегородова (2009), А.Н. Шестакова (2009), А.С. Емельянова (2011), Н.Е. Орлова (2021).

Однако выявление особенностей регуляции сердечно-сосудистой системы, как основной системы жизнеобеспеченности, не проводилось комплексным одномоментным исследованием ЦНС, ВНС, ССС в связи с физиологическим статусом животного.

Исследование функционального состояния организма и особенности его ССС, находящихся под влиянием ЦНС и ВНС в целом для обеспечения благополучия животных, создания оптимальных условий и содержания эксплуатации ранее не проводилось.

В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе по физиологии не найдено достаточного количества данных по электрофизиологическим особенностям адапционных реакций лошадей и крупного рогатого скота с учётом природно-климатических зон. Исследование функциональных особенностей этих животных, в особенности ЦНС, ССС и ВНС, определяет степень их адаптации к условиям содержания, эксплуатации.

В связи с этим **целью научной работы** является определение электрофизиологических параметров в комплексной оценке функционального состояния и адаптивных компенсаторно-приспособительных реакций у лошадей и крупного рогатого скота в условиях Рязанской области и Республика Саха (Якутия).

Для реализации указанной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Исследовать особенности спонтанной активности нейронов головного мозга лошадей в состоянии относительного покоя и в связи с возрастом, породными особенностями, видом специализации и вегетативного гомеостаза.

2. Определить уровень физиологического возбуждения по электрической активности кожи у лошадей и крупного рогатого скота в состоянии относительного покоя и в зависимости от возраста, породы, вегетативного гомеостаза и между видами.

3. Изучить состояние регуляторных механизмов, обеспечивающих сердечную деятельность с помощью вариационной пульсометрии и классической ЭКГ лошадей и крупного рогатого скота в состоянии относительного покоя и в зависимости от возраста, породных особенностей, вегетативного гомеостаза и между видами.

4. Установить и проанализировать значения индекса Макруза для лошадей и крупного рогатого скота в состоянии относительного покоя и в зависимости от возраста, породных особенностей, вегетативного гомеостаза и между видами.

5. Оценить центральное и периферическое гемодинамическое состояние ССС лошадей и крупного рогатого скота в состоянии относительного покоя и в зависимости от вида, породных особенностей, возраста и вегетативного гомеостаза.

6. Изучить функциональное состояние сердца на основе электрических микроамплитудных колебаний ЭКГ-сигнала (микроальтернаций) лошадей и крупного рогатого скота.

7. Изучить роль ЦНС, ВНС и ССС в механизмах адаптации лошадей и крупного рогатого скота.

8. Разработать комплексную оценку определения степени адаптации и функционального состояния организма лошадей и крупного рогатого скота на основе показателя активности регуляторных систем (ПАРС).

Научная новизна работы. *Определено функциональное состояние биоэлектрической нейронной активности головного мозга лошадей в стационарном состоянии в связи с возрастом, породными особенностями (орловская, русская, американская, ганноверская и якутская), видом тренинга и вегетативного гомеостаза с учётом природно-климатических зон.*

Получены референтные значения проявления ритмов коры больших полушарий головного мозга, модуляции, нестабильности, средние значения амплитуды и частоты электроэнцефалограммы лошадей орловской, русской, американской, ганноверской и якутской пород в левом и правом полушариях в лобной, теменной и затылочной долях с учётом природно-климатических зон. Установлены корреляционные взаимосвязи между ритмами в левом и правом полушариях лошадей. Выявлены реакции гипоталамо-гипофизарной системы и установлена связь воздействия возбуждения на сердце и адапционных механизмов электрической активности кожи у исследуемых животных с учётом природно-климатических зон. Расширены значения вариационной пульсометрии и классической ЭКГ, характеризующие состояние центральных механизмов регуляции сердечной деятельности, в связи с возрастом, видом тренинга и вегетативного гомеостаза, позволяющие оценить напряжение и состояние

регуляторных механизмов сердца лошадей в связи с породными особенностями с учётом природно-климатических зон.

Расширены значения вариационной пульсометрии и классической электрокардиограммы, характеризующие состояние центральных механизмов регуляции сердечной деятельности, в связи с возрастом, вегетативным гомеостазом, молочной продуктивностью, лактацией, позволяющие оценить напряжение и состояние регуляторных механизмов сердца крупного рогатого скота в связи с породными особенностями с учётом природно-климатических зон.

Впервые установлены и проанализированы референтные значения индекса Макруза у лошадей и крупного рогатого скота в состоянии относительного покоя и в зависимости от возраста, вегетативного статуса с учётом природно-климатических зон; референтные значения показателей сердечного стресса и сердечной аритмии на основе вариационной пульсометрии у лошадей и крупного рогатого скота в зависимости от возраста, вегетативного статуса, породы с учётом природно-климатических зон.

Впервые расширены референтные значения вариационной пульсометрии: индексы Каплана (индекс дыхательной аритмии, индекс симпатoadреналового тонуса, индекс медленно-волновой аритмии) для исследуемых лошадей и крупного рогатого скота с учётом природно-климатических зон.

Впервые расширена комплексная оценка центрального и периферического кардиогемодинамического состояния ССС: у пород лошадей в зависимости от возраста, вегетативного статуса, вида специализации с учётом природно-климатических зон; пород крупного рогатого скота в зависимости от возраста, вегетативного статуса, хозяйственных показателей с учётом природно-климатических зон.

Предложено дисперсионное картирование сердца лошадей и крупного рогатого скота с целью диагностики выявления ранних патологических реакций на основе электрофизиологического состояния миокарда с учётом природно-климатических зон.

Впервые проведена оценка функционального состояния сердца у лошадей и крупного рогатого скота на основе электрических микроамплитудных колебаний ЭКГ-сигнала (микроальтераций).

Доказано, что на основании проведённого ДК предикторная роль микроальтерации ЭКГ-сигнала свидетельствуют о повышении риска развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) у лошадей и крупного рогатого скота.

Уточнены особенности регуляции механизмов лошадей и крупного рогатого скота по реакции ЦНС и ВНС, которые имеют свои характерные особенности с учётом природно-климатических зон.

Теоретическая и практическая значимость работы. С использованием новых методов исследования установлены особенности регуляции сердечной деятельности под влиянием ЦНС, ВНС в регуляции ССС лошадей с учётом природно-климатических зон.

Результаты диссертационного исследования существенно дополняют научные знания в области видовой и возрастной физиологии представлениями о закономерностях возрастных изменений в адаптационных процессах, формирующих различные уровни функционального состояния ЦНС, ВНС и ССС у животных разного возраста с учётом природно-климатических зон.

Знания функциональных возможностей углубляют понимание физиологических закономерностей возрастных изменений адаптационных процессов на этапах онтогенеза лошадей и крупного рогатого скота с учётом природно-климатических зон.

Полученные результаты могут быть представлены в качестве концептуальных положений возрастного аспекта фундаментальной адаптации, необходимой для физиологического обоснования эффективного использования физических нагрузок у лошадей и крупного рогатого скота разного возраста с учётом климатических зон.

Полученные данные внедрены в концепции комплексного подхода к оценке функционального состояния у крупного рогатого скота и лошадей в хозяйствах Рязанской области и Республики Саха (Якутия).

Результаты диссертационного исследования вошли составной частью лекционных курсов кафедры физиологии сельскохозяйственных животных и экологии Арктического ГАТУ Республики Саха (Якутия) и кафедры физиологии и химии имени профессора А.А. Сыроева ФГБОУ ВО Курский ГАУ имени И.И. Иванова: физиология сельскохозяйственных животных; физиология животных; основы физиологии; морфология и физиология сельскохозяйственных животных; методология биологической науки; кардиология и электрофизиология.

Референтные значения по данным ЭЭГ, вариационной пульсометрии, классической ЭКГ, ДК, гемодинамики определяют функциональное состояние и благополучие животных, использованных в тренировочном процессе работоспособности, адекватности нагрузки и степени адаптации к внешним факторам у лошадей.

Полученные параметры сердечной деятельности и кровообращения могут использоваться при проведении диспансеризации лошадей и крупного рогатого скота для выявления донозологических состояний с учётом природно-климатических зон.

Результаты настоящего исследования и установленные физиологические закономерности возрастных изменений адаптационных процессов ВНС и ССС у лошадей и крупного рогатого скота в возрастном аспекте могут быть использованы в качестве информационно-аналитической базы данных об изменчивости функционального состояния в онтогенезе с учётом природно-климатических зон.

С помощью метода ДК может проводиться диагностика функционального состояния ССС лошадей и крупного рогатого скота с целью выявления доклинических нарушений в миокарде.

Полученные данные методом ДК, показателей ЭКГ-микроальтернции кардиоцикла могут являться новым диагностическим подходом анализа электрофизиологического статуса и диагностическим тестом выявления поражения миокарда при проведении обследования у животных.

Методология и методы исследования. С целью выявления наиболее актуальных проблем современного животноводства был проведён всесторонний анализ релевантных публикаций российских и зарубежных учёных с использованием научных баз PubMed, Springer, Web of Science, Российской Государственной Библиотеки, «Киберленинка», Научной электронной библиотеки (Elibrary.ru).

Методология диссертационной работы спланирована и логически выстроена в соответствии с целью и задачами исследования. Основными направлениями научно-исследовательской работы стали вопросы изучения особенностей регуляции сердечной деятельности у лошадей и крупного рогатого скота при влиянии ЦНС и ВНС.

С помощью математической обработки полученных данных выявлены факторы воздействия ЦНС и ВНС на ССС лошадей и крупного рогатого скота по определению доли влияния с достоверностью $p \leq 0,05$.

В работе использовались современные методы, а именно классическая ЭКГ, а для оценки функционального состояния коры полушарий головного мозга использовалась ЭЭГ, для установки активности гипоталамо-гипофизарной системы использовалась оценка электрической активности кожи (ЭАК). Полученные референтные значения оценивают состояние этих систем, выявляют механизмы регуляции сердечной деятельности.

Для обеспечения достоверности и объективности использованы статистические и математические методы обработки полученных данных. Для подтверждения разделения исследуемых животных на группы пар-аналогов использовался дискриминантный статистический анализ с получением классификационных матриц и квадрата расстояния Махаланобиса с достоверностью $p \leq 0,05$.

Применены общепринятые методы научного познания: синтез, анализ, взаимосвязь, взаимообусловленность, интерпретация, обобщение, сравнение, наблюдение.

Методологические подходы опираются на обоснование актуальности в цели и задачах исследований, анализа данных отечественных и зарубежных публикаций по тематике исследования и результатов собственных исследований.

Предмет исследования. Предметом нашего исследования являются выраженности ритмов коры больших полушарий головного мозга лошадей, показатели классической электрокардиограммы, вариационной пульсометрии, центральные и периферические показатели гемодинамики, электрическая активность кожи, дисперсионное картирование лошадей и крупного рогатого скота с учётом природно-климатических зон.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Спонтанная активность нейронов головного мозга лошадей в зависимости от породы, возраста, вегетативного гомеостаза и вида специализации;
2. Функциональное состояние ЦНС и ВНС по реакции электрической активности кожи у лошадей и крупного рогатого скота;
3. Функциональное состояния сердечной деятельности у лошадей и крупного рогатого скота в зависимости от породы, возраста, вегетативного статуса и хозяйственных показателей;
4. Центральное и периферическое гемодинамическое состояние ССС лошадей и крупного рогатого скота в зависимости от возраста, породных особенностей, вегетативного гомеостаза и хозяйственных показателей;
5. Функциональное состояние сердца лошадей и крупного рогатого скота на основе дисперсионного картирования;
6. Физиологические особенности регуляции сердечной деятельности лошадей и крупного рогатого скота;
7. Комплексная оценка определения степени адаптации и функционального состояния лошадей и крупного рогатого скота с учётом природно-климатических зон.

Степень достоверности результатов проведённых исследований и объект исследования. При проведении научных исследований в качестве экспериментальных животных были обследованы: крупный рогатый скот – джерсейская (n=70), голштинская (n=50) и якутская (n=20) породы; лошади – американской (n=53), ганноверской (n=28), русской (n=30), орловской (n=39) и якутской (n=20) пород. В диссертационной работе было всего исследовано 310 животных.

Достоверность результатов работы, обоснованность выводов и практических рекомендаций результатов основывается на применении адекватных и апробированных физиологических методов и достаточном объёме исследованного материала, позволяющем обеспечить репрезентативность выборки и объективность полученных данных, необходимые для получения статистически значимых результатов.

Результаты получены с применением сертифицированного и поверенного оборудования. Группы сравнения при изучении индекса напряжения, возрастных и породных особенностей формировались по однородным признакам с учётом предварительной стратификации. Группы были представлены репрезентативными выборками, с использованием критериев репрезентативности - ошибки репрезентативности, доверительных границ средних величин в генеральной совокупности, достоверности разности средних величин и достоверности различий сравниваемых групп. Ошибка средней не превышала 5 %. Статистический анализ осуществлён с применением описательной статистики и статистики вывода и проверки гипотез.

Апробация полученных результатов. Основные материалы диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных АПК: контуры будущего (г. Курск, 2018 г); Международной научно-практической конференции: Актуальные проблемы биологии и экологии (г. Грозный, 2018 г); Приоритетные направления научно-технологического развития АПК России (г. Рязань, 2019); Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (г. Курск, 2020); Всероссийской научно-практической конференции «Инновации в научно-техническом обеспечении АПК России» (г. Курск, 2019, 2020, 2021, 2022); XV Международной научно-практической

конференции «Аграрная наука - сельскому хозяйству» (г. Барнаул, 2020); национальной научно-практической конференции с международным участием, ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова «Современные способы повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных, птиц и рыб» (г. Саратов, 2020); национальной научно-практической конференции РФ ФГОУ ВО РГАТУ имени П.А. Костычева «Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного АПК» (г. Рязань, 2020); Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.А. Сысоева «Роль и место инноваций в сфере АПК» (Курск, 2020); международной научной конференции «Современные цифровые технологии в АПК» (г. Смоленск, 2020); Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Актуальные проблемы молодёжной науки в развитии АПК» (г. Курск, 2020); Российской национальной научно-практической интернет-конференции для обучающихся и молодых учёных (г. Нижний Новгород, 2020); V Всероссийской (национальной) научной конференции «Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий» (г. Новосибирск, 2020); международной научно-практической конференции «Инновационные идеи молодых исследователей для АПК» (г. Пенза, 2021); международной научной конференции, посвящённой 55-летию Сибирского научно-исследовательского института птицеводства «Аграрная наука в условиях глобальных вызовов мирового продовольственного кризиса: проблемы, тенденции, пути решений» (г. Омск, 2022); II Международной научно-практической конференции «Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК» (Курск, 2022); VI международной научно-практической конференции (г. Макеевка, 2023 г); международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора В.В. Рудакова (г. СПб, 2023); XXVII Международной научно-производственной конференции (г. Майский, 2023); 2-й Научно-практической конференции «Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения» (г. Москва, 2023); II Международной научно-практической Интернет-конференции (г. Орел, 2023); VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистров, аспирантов и молодых учёных (г. Махачкала, 2023); Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (г. Курск, 2023).

Личный вклад соискателя. Главная идея, дизайн и организация диссертационного исследования была запланирована автором. Автором даны определение и обоснование цели и задач исследования, выбор предмета и объекта исследования, разработаны учётные статистические документы, выполнен сбор и обработка материалов, проведено их обобщение и осуществлён анализ результатов исследования. Разработка программы исследований у лошадей и крупного рогатого скота, организационное моделирование и обоснование теоретических и практических прогностических оценок регуляции сердечной деятельности в зависимости от возраста, породы и вегетативного гомеостаза являлось результатом самостоятельных исследований автора. Самостоятельно соискателем проведены исследования, позволяющие формализовать параметры ЭКГ, ЭЭГ, гемодинамики, ДК, электродермограммы и осуществить их физиологическую оценку. Анализ полученных результатов, формулирование выводов и практических рекомендаций произведены на основе сформулированной соискателем методологии.

Публикации результатов исследований. Основное содержание диссертации и её научные положения изложены и опубликованы в 64 печатных работах, в том числе 21 из них в журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, для опубликования основных результатов исследований, 1 монография, 1 учебное пособие.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 436 страницах компьютерного текста и включает введение, основную часть (обзор литературы; материалы и методы исследований; результаты собственных исследований и их обсуждение), заключение и выводы, предложения производству, список сокращений и условных обозначений, список литературы, приложения. Работа иллюстрирована 106 таблицами и 52 рисунка, список литературы включает в себя 367 источника, в том числе 126 иностранных

Автор выражает искреннюю благодарность доктору биологических наук, профессору Ипполитовой Татьяне Владимировне Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, за ценные консультации, неоценимый вклад в интерпретацию электрофизиологических данных и формирование концепции исследования.

2 СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Материалы и методы исследований

2.1.1 Особенности природно-климатических зон проводимых исследований

Рязанская область расположена в центральной части Русской равнины, граничит с Республикой Мордовия, Пензенской, Тамбовской, Липецкой, Тульской, Московской, Владимирской и Нижегородской областями. Площадь области составляет 39,6 тыс. км². Климат области – умеренно-континентальный, с умеренно морозной зимой и тёплым летом. Среднегодовая температура составляет +4,8°C, годовая сумма осадков 562,8 мм, что несколько выше испаряемости (523 мм). Безморозный период длится 140-150 дней. Средняя температура января составляет -10,5°C, июля – около +18°C. Зимой преобладают юго-западные ветры, летом – западные и северо-западные.

Республика Саха (Якутия) расположена в северо-восточной части России, граничит с Чукотским автономным округом, Магаданской, Амурской, Иркутской областями, Хабаровским и Забайкальским краями, а также с Красноярским краем. На севере омывается морями Лаптевых и Восточно-Сибирским. Территория республики располагается в арктическом, субарктическом и умеренном поясах. Климат резко континентальный, что проявляется в значительных сезонных перепадах температур. Годовая амплитуда температур в Якутске достигает 62°C. Среднегодовые температуры повсеместно отрицательные (в Якутске – 10,2°C). Средние температуры января составляют от -34 до -44°C, минимальные достигают -65°C. Средние температуры июля равны +17...+18,5°C. Осадков за год выпадает около 200-300 мм, причём более 100 мм приходится на холодный период. Мощность снежного покрова составляет 20-30 см на большей части территории. Испаряемость превышает годовую сумму осадков примерно на 100 мм, что обуславливает дефицит влаги в летний период.

2.1.2 Общая характеристика организации исследования

Планирование научных исследований, разработка их схемы, определение методов исследования, статистическая обработка и анализ полученных результатов, проведены в условиях ФГБОУ ВО Арктический ГАТУ Минсельхоза России.

Производственные исследования проведены в период 2019-2025 гг в условиях хозяйств: ООО «Авангард», совхоз «Рязанский», Конный Клуб «Рязанский табунок», КСК «Росинант» Племенной конный завод №9 (Рязанская область), ГКП РСЯ «Якутский скот» отделение Кылыс с. Марас и Конно-спортивный комплекс АГАТУ Республики Саха (Якутия). и Конно-спортивный комплекс АГАТУ Республики Саха (Якутия).

Объект исследования были КРС – джерсейская (n=70), голштинская (n=50) и якутская (n=20) породы в возрасте 2-5 лет; лошади – американской (n=53), ганноверской (n=28), русской (n=30), орловской (n=39) и якутской (n=20) пород в возрасте 1-20 лет.

У КРС изучали функциональное состояние ВНС и ССС в связи с возрастом, породой, стадией лактации, молочной продуктивностью за 305 дней, интенсивностью молокоотдачи и преобладанием вегетативного гомеостаза с учётом природно-климатических зон. У лошадей изучали физиологическое состояние ЦНС, ВНС и ССС в связи с возрастом, породой, видом специализации и вегетативного гомеостаза.

Группы для исследований КРС были сформированы по принципу групп пар-аналогов - возрасту, стадии лактации, молочной продуктивности и исходного вегетативного тонуса, лошади – возрасту, виду специализации и ИВТ. В исследуемые группы были включены клинически здоровые животные.

Содержание КРС в хозяйствах беспривязное в соответствии с зоогигиеническими требованиями, с применением сбалансированного рациона, с принудительными прогулками и выгульные дворники. Доеение трехразовое в доильном зале «Карусель».

Все исследуемые лошади содержались в конюшнях, в стандартных денниках, на сменной подстилке в соответствии с зоогигиеническими требованиями. Тип кормления (трехразовый) осуществлялся по принятым в хозяйствах рационам, сбалансированным по питательным веществам. Раздачу корма производили ручным способом, поение – из автопоилок.

На рисунке 1 представлена схема исследования у лошадей и КРС. Особенности условий проведения опытов приведены ниже при описании схем опытов.

На первом этапе опытов исследования проводили на 170 лошадях разных возрастных групп (1-20 лет). Исследовали электрическую активность головного мозга методом ЭЭГ с выявлением ритмов с помощью комплексной электрофизиологической лаборатории «CONAN». Исследование ССС проводили методом ЭКГ в трёх стандартных отведениях с помощью комплексной электрофизиологической лаборатории «CONAN». Далее проводили анализ интервалов, формы и амплитуды зубцов в I, II, III, aVR, aVL, aVF отведениях, анализ вариационной пульсометрии: первичные показатели - мода, амплитуда моды, вариационный размах, показатели Р.М. Баевского – ИН, ИВР, ВПР, ПАПР, показатели Каплана, показатели сердечного стресса и сердечной аритмии, индекс Макруза, ЭАК с помощью GSRSens V3 (датчик КГР). Проводили регистрацию и анализ показателей центральной и периферической гемодинамики с помощью аппаратно-программного комплекса неинвазивного исследования методом объёмной компрессионной осциллометрии с использованием прибора КАП ЦГосм-«Глобус» (анализатор показателей кровообращения осциллометрический) на хвостовой артерии; анализ средних показателей гемодинамики АД, средних показателей гемодинамики сердечной деятельности и средних значений сосудистых показателей гемодинамики в зависимости от породы, возраста, вида специализации и вегетативного гомеостаза. У 10 лошадей провели регистрацию «портрета сердца» с помощью компьютерной системы скрининга сердца «КардиоВизор-06с».

На втором этапе опытов исследования проводили на 140 животных КРС разных возрастных групп. Исследование ССС проводили методом ЭКГ по методике М.П. Рощевского с помощью комплексной электрофизиологической лаборатории «CONAN», далее проводили анализ интервалов, формы и амплитуды зубцов в I, II, III, aVR, aVL, aVF отведениях, анализ вариационной пульсометрии: первичные показатели – мода, амплитуда моды, вариационный размах, показатели Р.М. Баевского – индекс напряжения, индекс вегетативного равновесия, вегетативный показатель ритма, показатель адекватности процессов регуляции, показатели Каплана, показатели сердечного стресса и сердечной аритмии, индекс Макруза, ЭАК с помощью GSRSens V3 (датчик КГР). Регистрацию и анализ показателей центральной и периферической гемодинамики проводили с помощью аппаратно-программного комплекса неинвазивного исследования методом объёмной компрессионной осциллометрии с использованием прибора КАП ЦГосм-«Глобус» (анализатор показателей кровообращения осциллометрический) на хвостовой артерии: средних показателей гемодинамики артериального давления, средних показателей гемодинамики сердечной деятельности и средних значений сосудистых показателей гемодинамики в зависимости от породы, возраста, вида тренинга и вегетативного гомеостаза. У 15 коров провели регистрацию «портрета сердца» с помощью компьютерной системы скрининга сердца «КардиоВизор-06с».

2.1.3 Электрокардиографический метод исследования

Для записи ЭКГ была использована комплексная электрофизиологическая лаборатория «CONAN», которая позволяет сделать традиционную запись электрической активности сердца, а также произвести дополнительные кардиографические исследования – анализ ВСР. Скорость движения ленты при регистрации ЭКГ – 25 мм /мин, усиление – 1мВ=10 мм.

При записи ЭКГ у исследуемой группы лошадей использовали электроды в виде стальных зажимов, укрепляющихся на кожной складке животного в модифицированных стандартных отведениях от корней конечностей. При таком расположении электродов регистрация биопотенциалов осуществлялась в стандартных отведениях и дополнительных униполярных (aVR, aVL, aVF):

I-е отведение – от пяти правой и левой грудных конечностей;



Рисунок 1 – Схема диссертационного исследования

II-е отведение – от пясти правой грудной и плюсны левой тазовой конечностей;

III-е отведение – от пясти левой грудной и плюсны левой тазовой конечностей.

Данная методика отвечает всем требованиям, которые предъявляются в теории электрокардиографии к системам отведения по принципу треугольника Эйтховена, что позволяет качественно получить ЭКГ и проводить их детальный анализ.

Электрод заземления укрепляли в области средней трети шеи. Места наложения электродов смачивали сначала спиртовым раствором для обезжиривания, а затем перед прикреплением электрода на кожную складку наносили минеральный гель для снижения сопротивления между электродами и кожей. Запись электрокардиограммы проводили в положении животного стоя на привязи. Для регистрации ЭКГ КРС использовали биполярные фронтальные или сагиттальные отведения по Роцевскому М.П (1978):

Фронтальные отведения:

I – электрод красный – краниальная часть правого плечелопаточного сочленения.

II – электрод жёлтый – краниальная часть пересечения левого плечелопаточного сочленения.

III – электрод зелёный – пересечения перпендикуляра, опущенного от 13-го грудного позвонка к белой линии живота. Подключение 1-го и 2-го электродов даёт I фронтальное отведение, 1-го и 3-го – II фронтальное отведение, 2-го и 3-го – III фронтальное отведение.

Сагиттальные отведения:

I – электрод красный – предгрудинная область (краниальная часть грудной кости).

II – электрод жёлтый – средняя точка линии, соединяющей каудальные углы лопаток.

III – электрод зелёный – точка пересечения перпендикуляра, опущенного от 13-го грудного позвонка к белой линии живота. Подключение 1-го и 2-го электродов даёт I сагиттальное отведение, 1-го и 3-го – II сагиттальное отведение, 2-го и 3-го – III сагиттальное отведение.

Запись ЭКГ производили прямо на месте содержания животных в станке с использованием программы «CONAN-n» и электродов «крокодильчики» в течение 10 минут с получением на выходе 200 и более кардиоинтервалов для последующего анализа. Место прикрепления электрода обезжиривали спиртовым раствором и на электрод наносили минерализованный гель, для снижения межэлектродного сопротивления.

Анализ ЭКГ проводили по общепринятой методике: определяли ритм, ЧСС, длительность интервалов, комплекс QRS и определяли форму и амплитуду зубцов-P,-Q,-R,-S,-T.

2.1.4 Анализ variability сердечного ритма

Для определения тонуса вегетативной нервной системы у исследуемых лошадей и КРС были использованы математические методы исследования ВСР с помощью комплексной электрофизиологической лаборатории «CONAN-n» (метод статистического анализа и вариационной пульсометрии и метод визуально-логического анализа КИ).

Метод вариационной пульсометрии является одним из методов математического анализа сердечного ритма. Для анализа ИВТ рассчитывался ряд числовых показателей: первичных и вторичных. К первичным показателям вариационной пульсометрии относятся: мода, амплитуда моды и вариационный размах.

Мода (Мо) – это наиболее часто повторяющееся значение КИ в данном динамическом ряду, которое отражает вероятный уровень функционирования СА-узла, а также состояние гуморального канала регуляции.

Амплитуда моды (АМо) – это число, которое характеризует наиболее часто повторяющееся КИ, соответствующее значению моды, выраженное в % к объёму выборки, отражает активность СО ВНС.

Вариационный размах (ΔX) – вычисляется как разность между значением максимального и минимального КИ R-R в исследуемом динамическом ряду, отражает активность ПО ВНС.

На основании вышеперечисленных первичных показателей вариационной пульсометрии вычисляются вторичные показатели или индексы Баевского: индекс напряжения, индекс

вегетативного равновесия, вегетативный показатель ритма и показатель адекватности процессов регуляции.

Индекс напряжения (ИН) отражает степень централизации регуляторных систем.

$$\text{ИН} = \frac{\text{АМо}}{2 \times \Delta X \times \text{Мо}} \quad (1)$$

где: ИН – индекс напряжения регуляторных систем организма; АМо – амплитуда моды; Мо – мода; ΔX – вариационный размах.

Индекс вегетативного равновесия (ИВР) – указывает на соотношение между активностью отделов ВНС:

$$\text{ИВР} = \frac{\text{АМо}}{\Delta X} \quad (2)$$

где: ИВР – индекс вегетативного равновесия; АМо – амплитуда моды; ΔX – вариационный размах.

Вегетативный показатель ритма (ВПР) – позволяет судить о вегетативном балансе в пределах автономного контура регуляции сердечного ритма:

$$\text{ВПР} = \frac{1}{\text{Мо} \times \Delta X} \quad (3)$$

где: ВПР – вегетативный показатель ритма; Мо – мода; ΔX – вариационный размах.

Показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР) – отражает уровень централизации управления сердечным ритмом:

$$\text{ПАПР} = \frac{\text{АМо}}{\text{Мо}} \quad (4)$$

где: ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции; АМо – амплитуда моды; Мо – мода.

Перед началом исследования необходим период адаптации к окружающим условиям в течение 5-10 минут. Животные проходили необходимую адаптацию – привыкали к присутствию экспериментатора и к аппаратуре, являющимися стрессорами. Время, необходимое для адаптации, подбиралось индивидуально для каждого вида животного. Приступали к обследованию только тогда, когда у животного нормализовался пульс.

ЭКГ у исследуемых животных производили в положении стоя, при спокойном дыхании.

Индексы Каплана у исследуемых животных

По полученным ЭКГ вычислялись показатели Каплана – индекс дыхательной модуляции (ИДМ), индекс симпатoadреналового тонуса (ИСАТ), индекс медленноволновой аритмии (ИМА) у КРС и лошадей в состоянии относительного покоя:

Индекс дыхательной модуляции (ИДМ), рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ИДМ} = \left(0,5 * \frac{\text{RMSSD}}{\text{RRNN}} \right) * 100 \% \quad (5)$$

где: ИДМ – индекс дыхательной модуляции; RMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N-N; RRNN – средняя продолжительность R-R интервалов.

Индекс симпато-адреналового тонуса (ИСАТ), рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{САТ} = \frac{\text{АМо}}{\text{ИДМ}} * 100 \% \quad (6)$$

где: САТ – индекс симпато-адреналового тонуса; АМо – амплитуда моды; ИДМ – индекс дыхательной модуляции.

Индекс медленно-волновой аритмии (ИМА), рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ИМА} = \left(1 - 0,5 * \frac{\text{ИДМ}}{\text{CV}} \right) * 100 \% - 30 \quad (7)$$

где: ИМА – индекс медленно-волновой аритмии; ИДМ – индекс дыхательной модуляции; CV – коэффициент вариации

Данные показатели отражают активность симпатической и парасимпатической ВНС.

Показатели сердечного стресса (ПСС) и сердечной аритмии (ПСА) у исследуемых животных

Проводился анализ показателей сердечного стресса (ПСС) и сердечной аритмии (ПСА) у лошадей и КРС в состоянии относительного покоя.

Индекс показателя сердечного стресса (ПСС) предназначен для оценки «плохой» вариабельности КИ, выражающейся в присутствии КИ одинаковой или очень близкой длительности с различием до 5 мс.

Индекс показателя сердечной аритмии (ПСА) предназначен для оценки экстравариабельности КИ или уровня аритмии. Он вычисляется как процент КИ, отличающийся от среднего значения более чем на 2 стандартных отклонения.

Индекс Макруза у исследуемых животных

Индекс Макруза, отражает гипертрофию предсердий. В литературных источниках отсутствуют данные показатели у лошадей и КРС. Данный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$IM = \frac{P}{PQ} \quad (8)$$

где: IM – индекс Макруза; P – зубец P; PQ – интервал PQ.

2.1.5 Исследование биоэлектрической активности кожи

Биоэлектрическую активность кожи можно регистрировать двумя методами: 1) измерение сопротивления кожи наложением электродов с использованием внешнего источника тока (по Фере); 2) измерение биоэлектрического потенциала в двух исследуемых точках организма (по Тарханову).

Мы проводили исследования записи ЭАК на 140 КРС и 170 лошадях в состоянии относительного покоя. Запись ЭАК проводили по Фере, регистрируя реакцию изменение сопротивления кожи. Запись параметров проводилась в условиях коровника с повышенной влажностью в помещении, что осложняет регистрацию биологических потенциалов. Регистрацию ЭАК у КРС проводили в условиях типового коровника в станке, а у лошадей - в коридоре на развязке. Электроды на исследуемых животных накладывали в области голени. Запись ЭАК проводили с помощью прибора GSRSens V3 (датчик КГР), в состоянии «относительного покоя».

2.1.6 Особенности оценки сердечной деятельности с помощью компьютерной системы скрининга сердца «КардиоВизор-06с»

«Кардиовизор 6.0» предназначен для экспресс-оценки состояния сердца по ЭКГ-сигналам от конечностей и применяется для оперативного выявления отклонений в работе сердца, которые могут быть связаны с развивающейся патологией.

Данная система предназначена для измерения электрических микроальтернаций ЭКГ-сигнала, измеряет и анализирует не морфологические признаки зубцов ЭКГ, а микроскопические колебания линий ЭКГ-сигналов в нескольких отведениях. Прибор отличается эффективной системой фильтрации шумов, основанной на так называемом методе дисперсионного картирования ЭКГ. В методе дисперсионного картирования ЭКГ стандартный ЭКГ сигнал используется лишь в качестве источника низкоамплитудных микроколебаний поверхностных потенциалов.

Метод ДК относится к новым технологиям контроля состояния миокарда, основанным на регистрации микроальтернаций ЭКГ-сигнала. Основная цель анализа микроальтернаций ЭКГ – получение ранних предикторов электрической нестабильности миокарда.

На экране компьютера отображается «портрет сердца» исследуемого животного и наглядная информация о выраженности и наиболее вероятной локализации очагов изменений. Данная информация позволяет надёжно контролировать даже доклинические «подпороговые» изменения состояния сердца.

2.1.7 Методика электроэнцефалографии

Регистрацию ЭЭГ проводили по методике, разработанной на кафедре физиологии, фармакологии и токсикологии животных им. А.Н. Голикова и И.Е. Мозгова Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, с помощью специального шлема для регистрации ЭЭГ у животных, электроды на котором располагаются по проекциям разных долей мозга, что позволяет неинвазивно, без применения седативных веществ и выбривания шерсти регистрировать электрическую активность мозга (рисунок 2).



Рисунок 2 – Шлем Ипполитовой / Гаусс для регистрации ЭЭГ у животных

Шлем для ЭЭГ выполнен в виде жёсткой прозрачной пластины с множественными отверстиями, внутри которых подвижно установлены накладные трубчатые электроды, закрепляемые на голове исследуемого животного и не доставляющие никаких неудобств животному, что позволяет снимать «чистую» ЭЭГ (без артефактов).

Использовали в работе накладные мостиковые электроды, которые представляют собой металлические стержни, вставленные в специальный шлем Ипполитовой/Гаусс для ЭЭГ лошадей. Нижний конец стержня контактирует с кожей головы, а к противоположному концу стержня подсоединяется отводящий провод. Шерсть на голове животного в месте прилегания электродов обезжиривали 70 %-м раствором спирта, а на электроды перед исследованием наносили электроконтактный гель.

Электроды размещают симметрично парами на расстоянии 1 см от сагитальной линии на каждой стороне лба на голове лошади (рисунок 3). Представленная схема расположения электродов у исследуемой группы лошадей позволяет охватывать почти все функциональные зоны головного мозга и объективно судить о его биоэлектрической активности.

По биоэлектрической активности различных зон возможно предположить о приоритетном процессе, в данный момент происходящей мозговой активности лошади.

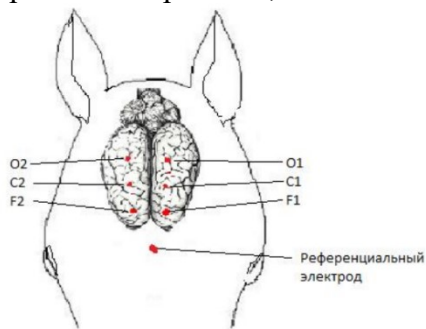


Рисунок 3 – Схема расположения электродов на проекциях головного мозга лошади (F1 – левое лобное отведение; F2 – правое лобное отведение; C3 – левое теменное отведение; C4 – правое теменное отведение; O1 – левое затылочное отведение; O2 – правое затылочное отведение)

Сигналы с выхода усилителей записывали в память компьютера для последующей статистической обработки. Запись ЭЭГ продолжали в течение 2-5 мин после её стабилизации. Регистрацию активности корковых нейронов производили при помощи комплексной электрофизиологической аппаратно-программной системы CONAN.

При анализе мозговой активности использовали периодометрический анализ и следующие показатели. Индекс выраженности ритма (ИВР) – степень проявления ритма, процент времени, в течение которого регистрируется данный ритм (%). Под выраженностью в данном случае понимают такую активность, которая включает как минимум 3 последовательных пика, характерных альфа-ритму, с амплитудой не менее 10 мкВ. Если индекс ритма больше 75 %, то его считают доминирующим, если 50-75 % – субдоминирующим, в диапазоне 0-25 % – слабо выраженным.

Результаты анализа представляются в двух графиках, на верхнем графике изображена гистограмма распределения амплитуд ритма: по вертикальной оси – частота наблюдения в %, а по горизонтальной оси – значения амплитуды сигнала в максимум выделяемого ритма.

Под каждым графиком приводятся пять числовых показателей: первое – процент содержания анализируемого ритма в записи; второе – процент модулированного ритма среди выделенного ритма, где модуляцией считается не менее трёх соседних максимумов с последовательно возрастающими или последовательно убывающими амплитудами; третье – средняя нестабильность между соседними периодами в Гц; четвертое – среднее значение параметра (амплитуда или частота).

2.1.8 Методика определения гемодинамических показателей кровообращения

Для измерения и анализа показателей центральной и периферической гемодинамики в состоянии относительного покоя использовали аппаратно-программный комплекс

неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объёмной компрессионной осциллометрии с использованием прибора КАП ЦГосм-«Глобус» (анализатор показателей кровообращения осциллометрический), путём наложения манжета на хвостовую артерию исследуемого животного. Для лучшей слышимости тонов сердца мембрана была модифицирована резиновой трубкой, располагающейся вдоль хвостовой артерии.

Артериальное давление – это энергия, с которой движущаяся кровь давит на стенки артерий. В связи с ритмической работой сердца кровяное давление в артериальной системе периодически колеблется, повышаясь во время систолы и снижаясь во время диастолы.

Пульсовое давление, вычисляемое как разница между САД и ДАД.

Среднее артериальное давление – это среднее значение давления в артериях во время систолы и диастолы сердца.

Скорость распространения пульсовой волны зависит от растяжимости сосудистой стенки и отношения толщины стенки к радиусу сосуда, используется для характеристики упруго-эластических свойств и тонуса сосудистой стенки.

Боковое артериальное давление – это давление, которое испытывает внутренняя стенка сосуда (артерии) во время систолы, клиническое значение состоит в том, что по его уровню определяется истинное давление во время систолы и истинная пульсовая амплитуда.

Ударное давление отражает деятельность сердца и состояние стенок сосудов.

Сердечным выбросом называют количество крови, выбрасываемое ПЖ и ЛЖ в единицу времени. В норме эта величина варьирует в широких пределах, при необходимости СВ может увеличиваться более чем в 5 раз по сравнению с уровнем покоя, позволяет оценить эффективность работы сердца и кровообращения в организме человека и животных.

Сердечный индекс (СИ) – это гемодинамический параметр, который связывает сердечный выброс (СВ) из ЛЖ за одну 1 мин с площадью поверхности тела.

Ударный объём сердца – объём, который ЛЖ выбрасывает в аорту (а правый - в лёгочный ствол) за одно сокращение.

Ударный индекс используется для оценки адекватности объёма выброса к потребностям организма.

Объёмная скорость кровотока – количество крови, протекающее через поперечное сечение сосуда в единицу времени.

Мощность сокращения левого желудочка – работа, выполняемая левым желудочком в единицу времени, например, в 1 сек.

Расход энергии на передвижение одного 1 л крови – мера напряжения или энергии, развиваемой сократительным миокардом при выполнении им работы по передвижению крови в замкнутой системе сосудов.

Линейная скорость кровотока – путь, который проходит кровь по сосудам за единицу времени.

Скорость пульсовой волны (PWV) – это скорость, с которой пульс кровяного давления распространяется по системе кровообращения, обычно по артерии или по совокупности артерий.

Податливость сосудистой системы – это способность полого органа (сосуда) растягиваться и увеличивать объём при увеличении трансмурального давления или тенденция полого органа сопротивляться возвращению к своим первоначальным размерам при приложении растягивающей или сжимающей силы.

Общее периферическое сосудистое сопротивление – сопротивление в большом круге кровообращения, создаваемое артериолами потоку крови, создаёт силу, которую должна преодолеть сокращающаяся мышца сердца.

2.1.9 Методы математической статистики

В зависимости от особенностей исследования, обусловивших многоэтапность работы, нами применялись различные статистические подходы. Полученный цифровой материал обрабатывали на персональном компьютере, используя программы STATISTICA 10.0.

На первом этапе проводилась проверка соответствия распределения статистических данных закону нормального распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. Показатели, которые подчинялись закону нормального распределения, подвергали анализу с помощью статистических параметрических методов. Статистическую обработку материала проводили путём вычисления среднего значения исследуемых величин и ошибки среднего арифметического. Статистически значимые различия между выборками определяли с помощью t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми различиями считали при $p < 0,05$.

Для подтверждения корректности классификации животных по группам был проведён дискриминантный анализ. Для проверки точности классификации применяли классифицирующие функции к тем объектам, по которым они были получены. По доле правильно классифицированных объектов можно оценить точность процедуры классификации; полученные результаты классификации представляют в виде классификационной матрицы. Для дополнительного подтверждения классификации животных по группам использовали квадрат расстояния Махаланобиса D^2 (выше главной диагонали) и значение F-статистики Фишера для оценки различий между группами (ниже главной диагонали) ($p \leq 0,001$). Определение расстояния между объектами для классификации является наиболее очевидным способом введения меры сходства для векторов объектов, чем больше расстояние между объектами, тем меньше сходство.

Для выявления зависимости функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем жвачных и лошадей применяли корреляционный анализ Спирмена. Оценку взаимосвязи исследуемых показателей осуществляли определением коэффициента корреляции (r) Пирсона.

2.2 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.2.1 Физиологические особенности биоэлектрической активности головного мозга лошадей

2.2.1.1 Физиологические особенности биоэлектрической активности головного мозга лошадей в состоянии покоя

В результате проведённых исследований и анализа полученных данных ЭЭГ, мы выявили волны биоэлектрической активности ГМ у лошадей следующих диапазонов: альфа-ритм (α -ритм) – 7,1-13 Гц, амплитуда до 100 мкВ; бета-1-ритм (низкочастотный β -1-ритм) – 13,1-25 Гц, амплитуда – 3-5 мкВ; бета-2-ритм (высокочастотный β -2-ритм) – 25,1-40 Гц, амплитуда – 3-5 мкВ; дельта-ритм (δ -ритм) – 0,3-4 Гц, амплитуда до 40 мкВ; тета-ритм (θ -ритм) – 4,1-7 Гц, амплитуда около 30 мкВ; гамма-ритм (γ -ритм) – выше 40,1 мкВ.

В состоянии спокойного бодрствования у всех исследованных лошадей во всех отведениях и полушариях доминирует δ -ритм (93,35-96,36%), наиболее выраженный в лобном отведении ЛП ($95,62 \pm 2,75\%$) и затылочном отведении ПП ($96,36 \pm 1,24\%$). θ -ритм (70,63-77,41%) максимален в теменном отведении ЛП ($77,41 \pm 2,11\%$). α -ритм, низкочастотная и высокочастотная β -активность регистрируются стабильно, γ -ритм выражен слабее всех (52,92-88,31%). Межполушарная асимметрия незначима, отмечена тенденция к преобладанию активности ЛП.

У лошадей Якутии δ -ритм выражен несколько сильнее, а α - и β -ритмы – слабее по сравнению с лошадьми Рязанской области, что может быть связано с адаптацией к суровым климатическим условиям.

Электрофизиологический профиль лошадей характеризуется доминированием δ -активности в покое, умеренной выраженностью α - и θ -ритмов, стабильным присутствием β - и γ -ритмов и отсутствием выраженной межполушарной асимметрии.

2.2.1.2 Физиологические особенности ЭЭГ лошадей разного возраста

В возрасте 1-3 лет отмечается высокая выраженность α - и β -ритмов (80-88%), что указывает на преобладание возбуждения, лабильность нервной системы и высокую

реактивность. Амплитуда δ -ритма низкая (92-94%), что свидетельствует о меньшей синхронизации медленноволновой активности. Выраженность θ - и γ -ритмов нестабильна, что характерно для молодого возраста.

В 4-8 лет амплитуда δ - и θ -ритмов возрастает в 1,5-2 раза, отражая усиление синхронизирующих влияний и формирование устойчивых нейронных сетей. α -ритм становится стабильным, γ -ритм усиливается в затылочных долях, что связано с развитием когнитивных функций.

В 9-13 лет амплитуда δ -ритма максимальна (до 5729 мкВ в лобных отведениях), выявляемость и модуляция α -ритма снижаются, нарастает нестабильность θ -ритма, что указывает на начало возрастных изменений.

В 14-18 лет выявляемость α - и β -ритмов заметно падает, сохраняется высокий уровень δ -ритма, γ -ритм становится менее выраженным, что отражает снижение активации коры и когнитивных резервов.

В возрасте 19 лет и старше выявляемость α -ритма в лобных отведениях падает до 58%, амплитуда δ -ритма достигает наибольших значений (до 6142 мкВ), все ритмы, кроме δ -ритма, снижаются, что свидетельствует о доминировании синхронизирующих влияний и общем снижении биоэлектрической активности мозга.

Таким образом, возрастная динамика ЭЭГ лошадей характеризуется снижением выраженности α - и β -ритмов и ростом амплитуды δ -ритма с возрастом.

2.2.1.3 Физиологические особенности ЭЭГ лошадей в зависимости от вегетативного статуса

Установлено, что выраженность основных ритмов ЭЭГ у лошадей зависит от исходного вегетативного тонуса. α -ритм максимален у симпатикотоников в правом полушарии и минимален у гиперсимпатикотоников в левом полушарии. Низкочастотный β_1 -ритм наиболее выражен у симпатикотоников в правом полушарии, наименее – у гиперсимпатикотоников. Высокочастотный β_2 -ритм максимален у гиперсимпатикотоников, минимален у симпатикотоников и нормотоников. δ -ритм наиболее выражен у ваготоников, симпатикотоников и гиперсимпатикотоников в различных отведениях. θ -ритм максимален у симпатикотоников, минимален у гиперсимпатикотоников и ваготоников. γ -ритм наиболее выражен у гиперсимпатикотоников в левом полушарии, наименее – у нормотоников в правом полушарии.

Таким образом, выявленные характеристики ритмов ЭЭГ могут служить основой для определения типа ВНД лошадей без применения трудоёмких методов обследования.

2.2.1.4 Физиологические особенности ЭЭГ лошадей в зависимости от вида специализации

У лошадей группы выездки δ -ритм выражен более чем у 93% животных, α - и β -ритмы регистрируются у 67-85% (максимально в теменно-затылочных отведениях), γ -ритм реже, но его амплитуда возрастает в затылочной зоне правого полушария. Межполушарная асимметрия незначительна. У конкур также доминирует δ -ритм, α - и β -ритмы максимальны в теменно-затылочных отведениях; γ -ритм в затылочной доле выражен сильнее, чем у других специализаций. У троеборья в лобном отведении зафиксированы максимальные амплитуды δ -ритма (до 5371 мкВ), в теменном - высокая выраженность α - и β -ритмов, в затылочном - максимальные значения γ -ритма. У прокатных лошадей в лобном отведении – самые низкие амплитуды α -ритма, но высокие значения γ -ритма, а в затылочном отведении – максимальные значения γ -ритма среди всех групп.

Таким образом, лошади разных видов специализаций демонстрируют различия в выраженности ритмов ЭЭГ. У троеборья преобладают медленные волны (δ -ритм), что может быть связано с высокой физической нагрузкой. У проката и троеборья отмечается более высокая выраженность γ -ритма в затылочной зоне, что может указывать на особенности обработки информации или адаптации к условиям работы. Конкур и выездка занимают промежуточное положение по большинству исследуемых показателей.

2.2.1.5 Физиологические особенности ЭЭГ в зависимости от породы лошади

При анализе α -ритма можно отметить, что у орловской породы он выражен в теменной доле ПП, а менее всего в лобной доле ЛП. У американской породы данный ритм больше всего выражен в лобной доле ПП, а менее всего в затылочной доле ЛП. У русской породы α -ритм отмечается в теменной доле ПП, а менее всего в лобной доле ЛП. У ганноверской породы можно отметить выраженность ритма в лобной доле ПП, а меньше всего в затылочной доле ЛП.

Данный низкочастотный β -1-ритм у орловской породы более всего выражен в затылочной доле ПП ГМ. У американской породы данный ритм ярче выражен в затылочной доле ПП. У русской породы ритм выражен в затылочной доле ПП, а у ганноверской породы также в затылочной доле ПП.

Высокочастотный β -2-ритм у орловской породы выражен больше всего в лобной доле ЛП ГМ. У американской породы данный ритм ярче выражен в затылочной доле ПП. У русской породы данный ритм выражен в теменной доле ПП, а у ганноверской породы в затылочной доле ЛП. У орловской породы δ -ритм выражен больше всего в затылочной доле ПП ГМ. У американской породы данный ритм ярче выражен в лобной доле ЛП. У русской породы данный ритм выражен в затылочной доле ПП, а у ганноверской породы в затылочной доле ПП.

У орловской породы θ -ритм выражен больше всего в затылочной доле ПП ГМ. У американской породы данный ритм ярче выражен в лобной доле ЛП. У русской породы данный ритм выражен в затылочной доле ПП, а у ганноверской породы в затылочной доле ПП.

Анализ γ -ритма показывает, что у орловской породы он выражен больше всего в затылочной доле ПП ГМ. У американской породы данный ритм ярче выражен в затылочной доле ПП. У русской породы данный ритм выражен в затылочной доле ПП, а у ганноверской породы в лобной доле ЛП.

Таким образом, нами установлены отличия величин индексов выраженности ритмов лошадей в зависимости от породы.

2.2.2 Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы лошадей

2.2.2.1 Функциональное состояние кардиогемодинамики лошадей

Метод компрессионной объёмной осциллометрии (КОО) позволил установить различные параметры центрального и периферического кровообращения у 170 лошадей, изучаемых пород, в зависимости от возраста, вегетативного статуса и вида специализации. Полученные значения центральной и периферической гемодинамики лошадей, представлены в таблице 1.

Впервые были получены показатели центральной и периферической гемодинамики у лошадей с использованием современных методов диагностики. Исследования проводились на клинически здоровых животных для формирования референтных значений.

Полученные данные позволили выявить индивидуальные особенности гемодинамики. Результаты исследования могут быть использованы для диагностики ССЗ. Также они помогут в оценке влияния физических нагрузок на состояние ССС животных, данные представляют ценность для ветеринарной практики и спортивной медицины лошадей.

2.2.2.2 Гемодинамические показатели лошадей в зависимости от вегетативного статуса

Уменьшение чувствительности барорецепторов, снижение активного ПО нервных центров, уменьшение чувствительности синусового узла к воздействию вагуса приводят к снижению реакции синусового узла на колебания АД.

Частота сердечных сокращений регулируется тонусом симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а также гуморально-метаболической средой. Холинергическое влияние быстрое и кратковременное, адренергическое – медленное и длительное. Парасимпатические волокна преимущественно иннервируют узловую ткань сердца, симпатические – все отделы сердца.

Таблица 1 – Показатели центральной и периферической гемодинамики лошадей, (n=170), M±m

Показатели	Ед. изм.	M±m
<i>Средние показатели гемодинамики артериального давления</i>		
Систолическое артериальное давление	мм рт. ст.	115,9±12,32
Диастолическое артериальное давление	мм рт. ст.	65,1±7,39
Боковое артериальное давление	мм рт. ст.	99,8±7,23
Среднее артериальное давление	мм рт. ст.	82,1±3,27
Артериальное давление пульсовое	мм рт. ст.	50,9±6,24
Скорость пульсового АД	мм рт. ст.	213,2±9,14
Артериальное давление ударное	мм рт. ст.	30,1±0,81
<i>Средние показатели гемодинамики сердечной деятельности</i>		
Сердечный выброс	л/мин	35,1±4,79
Сердечный индекс	л/мин ²	2,5±0,06
Ударный объем	мл	486,3±23,33
Ударный индекс	мл	1,6±0,72
Объемная скорость выброса	мл/с	497,7±14,92
Мощность сокращения ЛЖ	Вт	5,5±0,22
Расход энергии на 1 л СВ за минуту	Вт	10,9±0,23
<i>Средние значения сосудистых показателей гемодинамики</i>		
Скорость кровотока линии	см/с	47,6±1,26
Скорость пульсовой волны	см/с	787,6±31,98
Податливость сосудистой системы	мл/мм рт. ст.	2,9±0,07
Общее периферическое сопротивление сосудов	дин*сек ⁻⁵ /см	708,2±17,29
Удельное периферическое сопротивление	усл. ед	35,2±0,85

Стимуляция симпатического отдела повышает частоту, силу сокращений и проводимость. Стимуляция левого звёздчатого узла усиливает сократимость левого желудочка, повышает артериальное давление, коронарный кровоток и потребление кислорода миокардом.

Таким образом, показатели центральной и периферической гемодинамики зависят от ИВТ. У исследуемых лошадей с доминированием ПО или СО ВНС полученные числовые значения показателей определяют достоверные значения активности и работоспособности ССС, оценивают ФС и компенсаторно-приспособительные реакции организма.

2.2.2.3 Функциональное состояние гемодинамических показателей лошадей разного возраста

САД у молодых лошадей (1-3 года) высокое, снижается к 4-8 годам (период зрелости), затем вновь возрастает, достигая максимума у животных старше 19 лет, что связано с увеличением жёсткости сосудистой стенки и снижением эластичности аорты. ДАД остаётся стабильным во всех группах, указывая на сохранение тонуса периферических сосудов независимо от возраста. АДп и АДср заметно возрастают у лошадей старше 14 лет. Показатели скорости пульсовой волны и ОПСС увеличиваются с возрастом, что свидетельствует о потере эластичности сосудистой стенки и атеросклеротических изменениях.

ЧСС увеличивается с возрастом: от ≈28 уд/мин у молодых до ≈48 уд/мин у старых (≥19 лет), что отражает возрастное снижение эффективности сердечной деятельности. СВ и СИ снижаются с возрастом, указывая на уменьшение производительности сердца. УО практически не меняется, что говорит о сохранении сократительной способности миокарда при вынужденном учащении ритма.

Мощность сокращения ЛЖ и расход энергии (РЭ) на 1 л СВ возрастают с возрастом, достигая максимума после 14 лет, что свидетельствует о снижении экономичности работы сердца и перегрузке миокарда. Скорость кровотока выше у молодых лошадей, затем снижается и стабилизируется. С возрастом увеличивается время прохождения крови по сосудистому

руслу: в раннем возрасте это связано с ростом и удлинением сосудов, в старшем – со снижением эластичности сосудистой стенки.

У лошадей старше 19 лет наблюдается повышенное АД, что обусловлено возрастными изменениями сосудистой системы (снижение эластичности артерий, увеличение ОПСС) и нейрогуморальной регуляции.

Таким образом, с возрастом у лошадей регистрируются: повышение АД и сосудистого сопротивления, увеличение ЧСС и энергозатрат сердца, снижение СВ и эффективности работы сердца при сохранении УО. Выявленные физиологические изменения характерны для возрастной перестройки ССС и могут быть использованы для оценки физиологического состояния лошадей разного возраста.

2.2.2.4 Функциональное состояние гемодинамики лошадей в зависимости от породы

Повышенные значения АД характерны для орловской породы, а наименьшее давление характерно для якутской породы. Также для орловской породы характерно повышение ЧСС, что сопровождается снижением кровенаполнения желудочков, уменьшением СВ и АД, всё это приводит к ухудшению кровоснабжения всех органов. Можно даже отметить брадикардию, что контролируется синусовым узлом, снижение связано с понижением автоматии синусового узла. Вагусное влияние приводит к снижению тонуса СО ВНС, т.е. повышению ПО ВНС.

Уменьшение СВ связано с изменениями ЧСС. Из-за активности разных отделов ВНС у разных пород отличается ЧСС, что приводит к изменениям МОК и УОК и увеличению ОПСС у исследуемых животных. У каждой породы свои гемодинамические особенности, следовательно, свои энергетические затраты сердца. У разных пород можно отметить свои компенсаторные механизмы, направленные на оптимальное обеспечение деятельности организма. ОПСС у разных пород имеют разные числовые значения. РЭ ЛЖ также у разных животных достоверно отличаются, так как для них характерны разные отделы ВНС, вся эта энергия тратится на преодоление сопротивления сосудистой системы и деятельности сердца. Можно отметить, что у разных пород свои особенности механизмов регуляции ССС. Поскольку ЧСС увеличивается незначительно, повышение СВ связано преимущественно с увеличением УО ЛЖ. Повышенный СВ предрасполагает к развитию увеличения ЛЖ.

Следует отметить, что показатели мощности сокращения ЛЖ и РЭ тесно связаны, что позволяет использовать их в системе состояния ССС. Уменьшение РЭ может свидетельствовать о правильной работе сердечной мышцы. Высокие значения скорости кровотока линии могут быть обусловлены спецификой адаптации организма, как это наблюдается у ганноверской породы. При комплексном анализе показателей скорости пульсовой волны и податливости сосудистой системы можно отметить, что увеличение СПВ и снижение ПСС у исследуемых групп может свидетельствовать о снижении эластичности стенок сосудов. Анализ данных показывает, что наибольшие значения ОПСС и УСС наблюдаются у американской породы.

2.2.2.5 Гемодинамические показатели лошадей в зависимости от вида специализации

Уменьшение ЧСС у лошадей является компенсаторно-приспособительной реакцией, позволяющей поддерживать величину СВ, и свидетельствующей об относительном преобладании ПО ВНС.

В группе прокат отмечено увеличение САД, а в группе «выездка» – пониженное САД. В группе «выездка» отмечено увеличение ДАД в состоянии относительного покоя.

Особенности гемодинамических реакций проявляются в соотношении доли УОК и ЧСС в прирост МОК. Увеличение ЧСС у лошадей характеризует хронотропную функцию сердца, тогда как степень прироста УОК – инотропную. Наибольшая ЧСС наблюдается у группы «выездка» (39,6) в прирост МОК, что говорит о сравнительно высоком хронотропном ответе.

У прокатной группы лошадей доля ЧСС составляет 35,4 уд/мин, что говорит о сравнительно слабой выраженности хроно- и инотропного эффектов. В группе «конкур» у лошадей наблюдается снижение доли ЧСС в прирост МОК, т.е. падение уровня хронотропных нервных влияний на синусовый узел, что свидетельствует о снижении реактивности ССС в связи с повышением адаптационного порога.

В группе «прокат», напротив, доля УОК значимо снижается до 476,4 мл. Увеличение у «конкура» доли УО и снижение доли ЧСС обусловлено низким исходным значением величины УОК, что характеризуется ограничением хронотропной функции, что, очевидно, связано с возрастным снижением регуляции и обеспечением сердечной деятельности при повышенной метаболической потребности во время интенсивной нагрузки.

У лошадей в группах «троеборье» и «выездка» при увеличении МОК показатель РЛЖ увеличивается, т.е. интенсивность кровообращения и работа, выполняемая ЛЖ, однако при этом показатель УОК значительно выше в группе «конкур», что говорит о более экономичной и эффективной работе миокарда. В группах «прокат» и «конкур» отмечаются высокие значения мощности сокращения ЛЖ, 7,1 и 6,7 соответственно, а также и высокий расход Е на 1 л СВ за 1 мин, 12,6 и 11,2 соответственно, а, следовательно, у них отмечается низкая экономизация энергетических трат миокарда, т.е. снижение уровня работы, производимой левым желудочком.

Таким образом, у интенсивно тренируемых спортивных лошадей (выездка, конкур, троеборье) в покое регистрируется компенсаторная брадикардия, свидетельствующая об экономизации работы сердца и преобладании парасимпатического тонуса. Наиболее высокое САД отмечено в прокатной группе. Вклад ЧСС в МОК максимален у выездки (хронотропный тип), а вклад УО – у конкур (инотропный тип). У конкур выявлено снижение реактивности ССС, а наименее экономичная работа миокарда характерна для прокатной группы и конкур.

2.2.2.6 Электрокардиографические показатели лошадей в состоянии покоя

При анализе ЭКГ провели оценку ритма и ЧСС, измерили длительность интервалов (R-R, P-Q, Q-T), комплекса QRS и амплитуду зубцов (P, Q, R, S, T). По результатам проведенных исследований методом классической ЭКГ были выявлены некоторые особенности формирования кардиопотенциалов у лошадей.

Представлены значения амплитуды зубцов P, Q, R, S и T в шести отведениях (I, II, III, aVR, aVL, aVF). Установлено, что максимальная амплитуда зубца R зарегистрирована в III отведении ($0,62 \pm 0,05$ мВ), минимальная – в отведении aVR ($0,38 \pm 0,02$ мВ). Наибольшие значения зубца T отмечены в III отведении ($0,41 \pm 0,03$ мВ), наименьшие – в отведениях aVR ($0,25 \pm 0,02$ мВ) и II ($0,26 \pm 0,02$ мВ). Зубцы P и Q характеризовались сходными амплитудными значениями во всех отведениях ($0,13$ – $0,18$ мВ).

Приведенные средние значения длительности интервалов R-R, P-Q, QRS и Q-T. Установлено, что интервал R-R в среднем составил $1,599 \pm 0,029$ мс, что соответствует частоте сердечных сокращений около 38 уд/мин. Интервал P-Q (атриовентрикулярная проводимость) в среднем равнялся $0,125 \pm 0,006$ мс, продолжительность комплекса QRS (внутрижелудочковая проводимость) – $0,037 \pm 0,002$ мс, а электрическая систола желудочков (интервал Q-T) – $0,407 \pm 0,025$ мс.

2.2.2.7 Электрокардиографические показатели лошадей с разным вегетативным тонусом в состоянии покоя

Желудочковые зубцы (R, S, T) были максимально выражены у лошадей с симпатикотонией (3-я группа). Наиболее высокие значения зарегистрированы в III отведении: зубца R – $0,93 \pm 0,17$ мВ, зубца S – $0,28 \pm 0,08$ мВ, зубца T – $0,55 \pm 0,09$ мВ, а также в отведениях aVL и aVF. У лошадей с гиперсимпатикотонией (4-я группа) амплитуды этих зубцов снижались по сравнению с 3-й группой, что может отражать адаптационные изменения миокарда. Предсердные зубцы (P и Q) достигали максимальных значений у ваготоников (1-я группа). Зубец P составил $0,21 \pm 0,03$ мВ в I отведении, зубец Q – $0,27 \pm 0,03$ мВ в I отведении. Минимальные значения этих зубцов отмечены у симпатикотоников.

Интервал R-R был максимальным у ваготоников (2,42 мс), что соответствует редкому ритму сердца, и минимальным у гиперсимпатикотоников (1,19 мс) – самый частый ритм. По мере усиления симпатических влияний длительность интервала R-R закономерно уменьшалась. Интервал P-Q также был наиболее продолжительным у ваготоников (0,25 мс), отражая замедление проведения импульса, и наиболее коротким у гиперсимпатикотоников (0,10 мс) – ускорение проведения. Комплекс QRS был незначительно увеличен только у гиперсимпатикотоников (0,05 мс), в остальных группах его длительность составляла 0,03–0,04

мс. Интервал Q-T оказался максимальным у ваготоников (0,81 мс) и минимальным (0,35 мс) одновременно у симпатикотоников и гиперсимпатикотоников.

Таким образом, ваготония характеризуется редким ритмом (длинный R-R), замедленной атриовентрикулярной проводимостью (длинный P-Q) и удлинённой электрической систолой (длинный Q-T). Симпатикотония и гиперсимпатикотония, напротив, сопровождаются частым ритмом (короткий R-R), ускоренной проводимостью (короткий P-Q) и укороченной систолой (короткий Q-T). При выраженной симпатикотонии наблюдается незначительное увеличение длительности QRS. Животные с нормотонией занимают промежуточное положение по всем показателям. Временные параметры ЭКГ также продемонстрировали выраженную зависимость от типа вегетативной регуляции.

2.2.2.8 Электрокардиографические показатели лошадей разного возраста в состоянии покоя

Анализ ЭКГ в стандартных отведениях у лошадей разного возраста выявил следующие закономерности. Предсердная активность хорошо выражена в первые годы тренинга (1-3 года). К 4-5 годам амплитуда зубца Р незначительно увеличивается, затем постепенно снижается. Форма зубца Р преимущественно положительная (норма), однако с возрастом появляется двухфазность и отрицательные варианты.

Максимальные значения зафиксированы в возрасте 4-8 лет, затем амплитуда снижается до уровня молодых лошадей. Повышение амплитуды отмечено в I, III и aVF отведениях у лошадей 4-8 лет. Во II отведении амплитуда практически не изменяется, в I отведении незначительно снижается с возрастом. В униполярных отведениях aVR и aVL амплитуда зубца R постепенно увеличивается, связано с усилением электрической активности левого желудочка относительно правого. Амплитуда зубца S с возрастом увеличивается, а его выраженность снижается.

В I отведении может встречаться отрицательный зубец Т, частота которого с возрастом снижается. Во II отведении у 1-3 лет зубец Т двухфазный. Максимальной амплитуды зубец Т достигает в возрасте 4-8 лет, затем постепенно снижается. В отведении aVR зубец Т может быть двухфазным или отрицательным с увеличением амплитуды. Во II униполярном отведении зубец Т отрицательный и с возрастом его амплитуда уменьшается, в III-м – положительный и практически не изменяется.

У молодых лошадей (1-3 года) отмечаются замедленный сердечный ритм и удлинённые интервалы P-Q и Q-T, что связано с особенностями развития проводящей системы и преобладанием вагусных влияний. В среднем в возрасте 4-18 лет происходит укорочение интервалов и учащение ритма, с минимальными значениями P-Q и Q-T в группе 14-18 лет. У пожилых лошадей (старше 19 лет), несмотря на минимальный интервал R-R, наблюдается увеличение длительности комплекса QRS и интервала Q-T по сравнению с предыдущей возрастной группой, что может отражать возрастные изменения в миокарде и проводящей системе сердца.

Таким образом, с возрастом у лошадей учащается сердечный ритм, укорачиваются атриовентрикулярная проводимость и электрическая систола. Однако у старых животных появляются признаки увеличения длительности комплекса QRS и систолы, что связано с возрастной перестройкой CCC.

2.2.2.9 Электрокардиографические показатели лошадей разных пород в состоянии покоя

Американская и ганноверская породы характеризуются наиболее высокими амплитудами желудочковых комплексов (R, T), что может свидетельствовать о более мощной электрической активности миокарда. Якутская порода выделяется минимальными амплитудами R и T, что может быть связано с адаптационными особенностями к суровым условиям среды или с меньшими размерами сердца относительно массы тела. Высокие Q и S в некоторых отведениях указывают на особенности направления электрической оси. Орловская и русская

породы занимают промежуточное положение по большинству показателей, что характерно для спортивных пород.

Орловская порода характеризуется наиболее «быстрым» сердцем, то есть частый сердечный ритм и отмечаются короткие интервалы проведения и систолы, что может быть связано с особенностями метаболизма или тренированностью. Американская порода отличается наиболее «медленным» сердцем, то есть редкий сердечный ритм и удлинённые интервалы P-Q и Q-T, что может указывать на особенности вегетативной регуляции. Якутская порода характеризуется высокой вариабельностью и отмечается средняя длительность комплекса QRS и длительностью систолы.

Таким образом, анализ полученных данных отмечает выраженные породные различия в амплитудах зубцов и длительности интервалов ЭКГ у лошадей. Наиболее высокие показатели электрической активности миокарда характерны для американской и ганноверской пород, а минимальные – для якутской. Орловская порода отличается укорочением всех интервалов и учащением ритма, а американская удлинением и урежением сердечного ритма. Полученные данные подчёркивают важность учёта породной принадлежности при интерпретации ЭКГ у лошадей, а также могут быть использованы для дифференциальной диагностики и оценки ФС.

2.2.2.10 Электрокардиографические показатели лошадей в состоянии покоя в зависимости от вида специализации

Зубец R максимальные значения зафиксированы у группы конкур (III отведение – $0,87 \pm 0,01$ мВ, II отведение – $0,49 \pm 0,08$ мВ, aVF – $0,67 \pm 0,03$ мВ), минимальные – у прокатных лошадей (III отведение – $0,25 \pm 0,03$ мВ, aVL – $0,22 \pm 0,03$ мВ). Зубец S: максимальные значения – у прокатных лошадей (III отведение – $0,31 \pm 0,03$ мВ, II отведение – $0,26 \pm 0,03$ мВ), минимальные – у групп троеборье и выездка. Зубец T: максимальные значения – у группы конкур (III отведение – $0,55 \pm 0,07$ мВ, I отведение – $0,47 \pm 0,07$ мВ), минимальные – у прокатных лошадей во всех отведениях. Зубцы P и Q: максимальные значения зубца P – у конкур (I отведение – $0,20 \pm 0,03$ мВ), зубца Q – у выездки (I отведение – $0,24 \pm 0,03$ мВ), минимальные значения обоих зубцов – у прокатных лошадей.

Интервал R-R максимален у прокатных лошадей, что указывает на преобладание парасимпатических влияний (ваготония) и редкий ритм. У спортивных групп (выездка, конкур, троеборье) сердечный ритм более частый. Интервал P-Q и интервал Q-T у прокатных лошадей отмечено значительное замедление проводимости и удлинение систолы по сравнению со спортивными группами. Группа троеборье отличается самым частым сердечным ритмом и самой короткой электрической систолой, что свидетельствует о высокой функциональной активности CCC.

Таким образом, анализ полученных данных демонстрирует выраженные различия в амплитудах зубцов и длительности интервалов ЭКГ у лошадей в зависимости от вида специализации. Наиболее высокие показатели электрической активности миокарда характерны для конкур, тогда как прокатные лошади характеризуются минимальными амплитудами, редким сердечным ритмом, замедленной атриовентрикулярной проводимостью и удлинённой электрической систолой, что может быть связано с меньшей тренированностью.

2.2.3 Регуляторные механизмы, обеспечивающие работу сердечно-сосудистой системы лошадей

2.2.3.1 Физиологические особенности электрической активности кожи лошадей

Изучение ЭАК у лошадей проводили в станке в состоянии покоя, без различных раздражителей. Исследовано было 170 голов лошадей, регистрацию ЭАК проводили по Фере. Среднее значение ЭАК у исследуемых лошадей составило $18,46 \pm 3,99$ мкСм.

В первой группе результаты показали: лошади, привыкшие к условиям опыта, эмоциональное напряжение у них отмечается незначительное, оно проходит на стадии покоя,

т.е. возбуждения нет – изменения кожных потенциалов не возникает (рисунок 4), волна быстро угасала. Среднее значение составило $0,8 \pm 0,1$ мкСм.



Рисунок 4 – ЭАК лошадей с вегетативным тонусом «ваготоники»

Вторую группу лошадей можно охарактеризовать с незначительным возбуждением, на записи можем отметить невысокие пологие волны с амплитудой до $9,2 \pm 2,3$ мкСм (рисунок 5).



Рисунок 5 – ЭАК с вегетативным тонусом «нормотоники»

У третьей группы лошадей фиксация электродов создаёт чрезмерную нагрузку на нервные процессы, вызывая тем самым возбуждение, можно отметить образующиеся высокие волны с амплитудой до $24,3 \pm 2,8$ мкСм (рисунок 6).

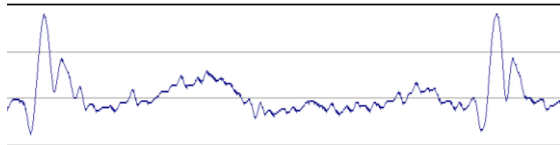


Рисунок 6 – ЭАК лошадей с вегетативным тонусом «симпатикотоники»

Четвёртая группа характеризуется высокими, быстрыми и пологими волнами, угасание наступает очень медленно, т.е. длительно не затухает. Волны выше, чем во 2-й и 3-й группах, преобладает СО ВНС, можно также отметить двухфазность быстрых синусных волн (рисунок 7). ЭАК у лошадей составила $46,8 \pm 4,1$ мкСм.



Рисунок 7 – ЭАК лошадей с вегетативным тонусом «гиперсимпатикотоники»

У лошадей первой группы в условиях эмоциональной нагрузки в первые минуты записи ЭАК изменений суммарной активности нет (ЭАК «ваготоники»), у второй группы суммарный эффект больше (ЭАК «нормотоники»), у третьей группы – (ЭАК «симпатикотоники») и 4-й группы – (ЭАК «гиперсимпатикотоники»). Степень возбуждения, т.е. изменения проводимости ЭАК у лошадей исследуемых групп в зависимости от ИВТ дают характерные достоверные различия для оценки ФС и компенсаторно-приспособительных реакций организма.

Наблюдается высокая степень корреляции между ЭАК и ИН ($r=0,95$), так как при повышении ИН происходит активация СО ВНС, а с повышением значения ЭАК происходит также активация СО ВНС.

Анализ ЭАК у лошадей разных пород показал достоверные различия в активности ВНС. Наименьшее значение ЭАК характерно для американской породы, в среднем составило $0,9 \pm 0,01$ мкСм, для данной породы характерно преобладание ПО ВНС. Наибольшее значение ЭАК характерно для орловской породы, в среднем составило $25,6 \pm 0,18$ мкСм, для данной породы характерно преобладание СО ВНС. Для ганноверской, русской и якутской пород значения ЭАК составили $9,5 \pm 0,21$ мкСм, $21,3 \pm 1,9$ мкСм и $18,71 \pm 2,37$ мкСм, соответственно.

Таким образом, результаты опытов показали, что изменение ФС нервной системы по активности электрической проводимости кожи зависит от возраста, породы и вегетативного гомеостаза, а также от природно-климатической зоны обитания наблюдаются достоверные различия между полученными показателями.

2.2.3.2 Функциональное состояние ВНС лошадей в состоянии покоя

Для лошадей были определены математические показатели ВСР в состоянии относительного покоя, которые согласно принятой методике, характеризуют величину тонуса отделов ВНС и степень напряжения механизмов регуляции сердечной деятельности. Полученные числовые значения математического анализа сердечного ритма животных, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели математического анализа сердечного ритма лошадей в состоянии покоя (n=170, M±m)

Показатели вариационной пульсометрии	Статистические значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Мо, сек	1,47±0,026	1,527	1,423
АМо, %	33,53±1,02	35,368	31,339
ΔХ, сек	1,31±0,07	1,464	1,165
ИН, у.ед.	15,14±1,13	17,38	12,89
ИВР, у.ед.	48,55±3,35	55,178	41,928
ВПР, у.ед.	0,81±0,06	0,929	0,685
ПАПР, у.ед.	23,24±0,78	24,798	21,682
RMMSSD, мс	353,19±31,31	415,2	291,2
pNN50, %	46,81±1,91	50,6	43,03
ЧСС, уд/мин	38,39±7,02	39,527	37,259

Таким образом, при математическом анализе ВСР для лошадей были получены и проанализированы первичные и вторичные показатели вариационной пульсометрии, оценивающие ФС и адаптационные возможности сердечной деятельности у лошадей. Впервые получены референтные значения индексов Каплана, Макруза, а также показатели сердечного стресса и сердечной аритмии, которые определяют степень развития напряжения и сердечного стресса (по А.П. Кулаичеву, 2004). Впервые полученные референтные значения ВСР у лошадей с учётом возраста, породных особенностей, вегетативного гомеостаза, специализации и природно-климатической зоны проживания являются научно обоснованной базой для дальнейшего развития физиологии, спортивной медицины и ветеринарии лошадей. Полученные данные могут быть использованы для стандартизации диагностических критериев и повышения качества управления здоровьем животных в различных регионах.

2.2.3.3 Функциональное состояние сердечной деятельности лошадей в зависимости от вегетативного статуса

При анализе индекса напряжения (ИН) исследуемые животные были разделены на группы-аналоги в зависимости от вегетативного статуса: 1-я (ваготоники, ИН=0-10 у.ед., 48,7 %) с преобладанием парасимпатической ВНС, 2-я (нормотоники, ИН=11-30 у.ед., 39,3 %) с нормотоническим преобладанием ВНС, 3-я (симпатикотоники, ИН=31-44 у.ед., 8,0 %) с преобладанием симпатической ВНС, 4-я (гиперсимпатикотоники, ИН=45 и более у.ед., 4,0 %) со смещением вегетативного тонуса в сторону сильной активации симпатического тонуса ВНС.

Для подтверждения корректности классификации была проведена статистическая обработка данных. Построенная классификационная матрица содержит весь массив данных, полученных во время исследования, и отражает корректность классификации исследуемых животных на основе индекса напряжения, что составило 96,67%. Для дополнительного подтверждения правильности разделения всего исходного массива животных на группы в зависимости от ИВТ на основе ИН, дополнительно определялась степень различий между группами по квадрату расстояния Махаланобиса D².

Максимальные значения RMSSD и pNN₅₀ показателей зафиксированы у ваготоников (580,03±51,54 мс и 54,83±2,53% соответственно), что свидетельствует о преобладании ПО ВНС, минимальные значения – у гиперсимпатикотоников (62,57±10,75 мс и 20,6±6,35%), что отражает активацию СО ВНС.

У ваготоников выявлены достоверно большие величины Мо – 1,49±0,04 с и достоверно меньшие АМо – 28,79±1,3%, что указывает на высокое ФС ССС с преобладанием ПО ВНС. В остальных группах АМо выше, достигая максимума у гиперсимпатикотоников, что свидетельствует о снижении функционального состояния ССС из-за уменьшения парасимпатических влияний. Вариационный размах (ΔХ) закономерно снижается от ваготоников к гиперсимпатикотоникам.

ИН минимален у ваготоников ($4,99 \pm 0,27$ у.ед.) и максимален у гиперсимпатикотоников ($58,58 \pm 4,34$ у.ед.), отражая возрастание степени напряжения регуляторных механизмов по мере усиления симпатических влияний. ИВР и ВПР также максимальны у гиперсимпатикотоников, их минимальные значения у ваготоников характеризуют выраженность парасимпатических влияний. ПАПР минимален у ваготоников ($20,23 \pm 1,13$ у.ед.) и максимален у гиперсимпатикотоников ($34,67 \pm 2,94$ у.ед.), что отражает рост активности СО ВНС.

В покое у ваготоников управляемый контур работает в автономном режиме с выраженной дыхательной аритмией: низкий ИН, высокий ИДМ – $21,57 \pm 1,91$ у.ед. При смещении вегетативного баланса к симпатикотонии включается центральный контур регуляции: повышается ИН, ослабляется дыхательный компонент синусовой аритмии, повышается ИСАТ (особенно у гиперсимпатикотоников), с активацией СО ВНС достоверно повышается и ИМА.

Таким образом, полученные референтные значения вариационной пульсометрии у лошадей в зависимости от ИВТ, показывают, что с активацией СО ВНС происходят сдвиги в сторону увеличения показателей Баевского – ИН, ИВР, ВПР, ПАПР, уменьшение Мо и ΔХ, увеличение АМо. Полученные данные значения отражают активность сердечной деятельности и особенности функционирования СО и ПО ВНС исследуемых животных.

2.2.3.4 Функциональное состояние сердечной деятельности лошадей в состоянии покоя в зависимости от породы

Американская порода характеризуется наиболее низкими показателями Баевского, максимальными значениями RMSSD, pNN_{50} и ΔХ, что свидетельствует о преобладании ПО ВНС, высокой адаптивной реакции и активации автономного контура регуляции. Индексы Каплана и ПСС у американской породы минимальны.

Орловская порода, напротив, демонстрирует наиболее высокие показатели вариационной пульсометрии, индексов Каплана и ПСС, что отражает преобладание СО ВНС, активацию центрального контура регуляции и высокий тонус САС. При этом у орловской породы отмечается самая низкая склонность к аритмии, что свидетельствует о стабильности ритма даже при высокой нагрузке.

Ганноверская порода (Мо – $1,37 \pm 0,16$ сек, АМо – $39,8 \pm 2,1\%$) характеризуется выраженной активацией гуморального канала регуляции, снижением ВСР, ослаблением ПО ВНС и централизацией управления сердечным ритмом (высокий ИН). При этом у ганноверской породы отмечаются низкий стресс и умеренная аритмия.

Якутская порода отличается низким уровнем стресса, но самой высокой склонностью к аритмии, что может быть связано с адаптационными особенностями к суровым климатическим условиям. Русская порода занимает промежуточное положение, характеризуясь умеренным преобладанием СО ВНС.

Наиболее высокие значения ИМ характерны для американской и русской пород, наиболее низкие – для орловской и ганноверской.

Таким образом, каждая порода имеет свои особенности регуляции сердечного ритма: американская – активация автономного контура, умеренное парасимпатическое влияние, спокойное состояние, орловская – активация центрального контура, высокая симпатическая активность, русская и ганноверская – умеренное преобладание СО ВНС. Впервые выявлены породоспецифические особенности сердечного стресса и аритмий, что повышает объективность оценки ФС ССС лошадей и открывает новые возможности для ранней диагностики и профилактики кардиопатологий. Разработанные референтные значения позволяют объективно оценивать ФС сердца лошадей с учётом породной принадлежности, выявлять ранние признаки дезадаптации, переутомления или кардиопатологий.

2.2.3.5 Возрастные особенности регуляции сердечного ритма лошадей

Наибольшие значения RMSSD ($565,02 \pm 51,02$ мс) и pNN_{50} ($61,4 \pm 2,4\%$) отмечены у лошадей 1-3 лет, что свидетельствует о высоком уровне парасимпатической регуляции. В этом возрасте также зафиксированы максимальная Мо – $1,45 \pm 0,05$ с и минимальная АМо – $27,28 \pm 1,39\%$, что отражает высокое ФС ССС. Вариационный размах с возрастом увеличивается, указывая на

усиление влияния блуждающего нерва. После 8 лет вагусный контроль снижается, что изменяет вегетативную регуляцию сердечного ритма. ИН возрастает с возрастом, отражая усиление симпато-адреналовой активности и напряжения регуляторных механизмов. Наиболее высокий ИН зафиксирован у лошадей старше 14 лет, что указывает на низкий адаптационный уровень ССС. Показатели Баевского минимальны у лошадей 1-3 лет и достоверно повышаются с возрастом. ПАПР до 13 лет увеличивается медленно, а после 19 лет резко возрастает (до $34,4 \pm 3,6$ у.ед.), что свидетельствует о повышении активности СО ВНС. Низкие значения этих показателей отражают высокую адаптацию организма и умеренное преобладание СО ВНС.

ЧСС увеличивается с возрастом: от $35,1 \pm 0,95$ уд/мин у лошадей 1-3 лет до $42,6 \pm 1,7$ уд/мин старше 18 лет. Ритм во всех группах синусный, регулярный. Повышение ЧСС связано с преобладанием СО ВНС, снижением ВСР и переходом на внутриорганный регуляторный контроль.

С возрастом достоверно повышается ИСАТ, снижается ИДМ, а ИМА варьирует. ПСС и ПСА также повышаются с возрастом, что связано с усилением СО ВНС и ослаблением парасимпатического отдела.

Индекс Макруза варьирует с возрастом и повышается при усилении СО ВНС, что может указывать на увеличение размеров предсердий и морфофункциональные изменения в миокарде.

Таким образом, с возрастом у лошадей наблюдается: снижение ПО и повышение симпатической активности, уменьшение интегрального уровня вегетативной регуляции ССС, снижение ФС ССС и адаптационных резервов, особенно после 14 лет. Наиболее высокий уровень вегетативной регуляции ВСР отмечен у лошадей моложе 14 лет. В возрасте 19 лет и более параметры вариационной пульсометрии резко увеличиваются, что свидетельствует о преобладании СО ВНС и снижении эффективности адаптивных механизмов.

2.2.3.6 Функциональное состояние сердечной деятельности лошадей в состоянии покоя в зависимости от вида специализации

Группа выездка характеризуется наиболее высокими значениями RMSSD ($350,5 \pm 33,9$ мс) и pNN_{50} ($41,4 \pm 3,7\%$), максимальной Мо – $1,48 \pm 0,06$ сек, минимальной АМо – $30,2 \pm 1,63\%$, а также низкими показателями Баевского (ИВР, ВПР, ПАПР) и минимальным ИН= $7,39 \pm 0,28$ у.ед., что свидетельствует о преобладании ПО ВНС, активности автономного контура регуляции, экономизации кровообращения (умеренная брадикардия, ЧСС= $37,6 \pm 1,18$ уд/мин) и высоком функциональном уровне ССС.

Группы конкур, троеборье и прокатные демонстрируют напряжение регуляторных систем: включение центральных и подавление автономных контуров регуляции, смещение вегетативного баланса в сторону СО ВНС. У них отмечаются более высокие ИН, АМо, показатели Баевского и ЧСС (от 41,3 до 44,8 уд/мин), а также снижение RMSSD, pNN_{50} и Мо. Наибольшее смещение к симпатикотонии зафиксировано в прокатной группе (ИН= $56,8 \pm 4,8$ у.ед., наименьшая Мо= $1,33 \pm 0,05$ с, наибольшие ИВР, ВПР, ПАПР, ЧСС= $44,8 \pm 2,2$ уд/мин).

ИСАТ максимален в прокатной группе ($270,2 \pm 38,9$ у.ед.) и минимален в группе выездка ($30,7 \pm 2,6$ у.ед.). Соответственно, ИДМ максимален в группе выездка ($12,1 \pm 1,3$ у.ед.) и минимален в прокатной ($1,6 \pm 0,3$ у.ед.). ИМА также наиболее высок в прокатной группе ($36,42 \pm 5,7$ у.ед.) и наиболее низок в группе выездка ($11,4 \pm 2,4$ у.ед.).

Наибольшие значения ПСС – $28,63 \pm 0,61$ у.ед. и ПСА – $12,03 \pm 3,53$ у.ед. – отмечены в прокатной группе. Наименьшее значение ПСС ($16,1 \pm 1,4$ у.ед.) зафиксировано в группе выездка, а ПСА в этой группе составил $4,91 \pm 1,15$ у.ед.

Таким образом, наиболее благоприятный тип вегетативной регуляции (преобладание ПО ВНС, автономный контур, экономичный режим работы сердца) характерен для лошадей выездки. Группы конкур и троеборья занимают промежуточное положение с тенденцией к симпатикотонии. Прокатные лошади демонстрируют наиболее выраженное напряжение регуляторных систем, смещение вегетативного баланса в сторону СО ВНС, максимальные значения сердечного стресса и аритмии, что может быть связано с меньшей тренированностью и особенностями эксплуатации.

2.2.3.7 Морфо-физиологическое состояние сердечной деятельности лошадей с помощью метода дисперсионного картирования

В современное время происходит внедрение новых методов цифровой обработки ЭКГ-сигнала, что позволило перейти к разработке и более широкому использованию в повседневной клинической практике новых ЭКГ систем с принципиально иными диагностическими возможностями.

Одним из новых цифровых анализов ЭКГ является контроль электрических микроальтернаций ЭКГ. Прибор «КардиоВизор 6.0» и метод ДК ЭКГ, положенный в основу этого прибора, в настоящее время успешно проходят различные медицинские испытания в различных учреждениях страны и за рубежом на людях. Данный прибор показывает высокую скрининговую чувствительность, способы контроля микроальтернаций ориентированной не на постановку диагноза, а на ранее выявление электрической нестабильности миокарда.

Полученные «портреты сердца» сохраняют высокую воспроизводимость, т.е. повторяемость и идентичность, а также индивидуальность у разных исследуемых животных. Всё это подтверждает объективный характер информации, извлекаемой из низкоамплитудных флюктуаций ЭКГ (рисунок 8).

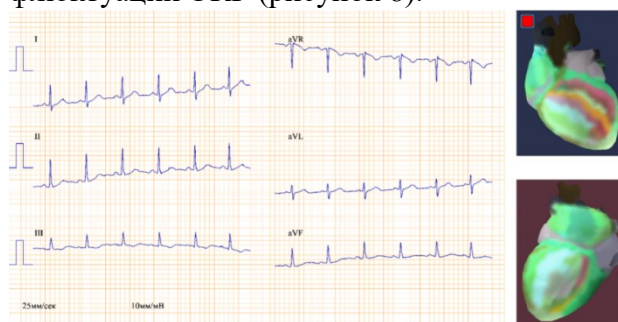


Рисунок 8 – «Портрет сердца» лошади (16 лет)

У данной лошади наблюдаются умеренные изменения миокарда желудочков, а также умеренные изменения в процессе деполяризации предсердий. Умеренные отклонения в вариабельности ритма. Нормальное положение ЭОС. Небольшая асимметрия деполяризации ЛЖ. Возможны признаки перегрузки ЛП. Повышенная электрическая активность миокарда ЛЖ.

Таким образом, среди всех известных неинвазивных, простых в эксплуатации и доступных для широкой клинической практики методов контроля, по чувствительности к метаболическим изменениям в миокарде любого генеза метод ДК ЭКГ имеет наилучшие показатели. Данный метод даёт уникальную информацию, которую другим методом в реальном времени получить невозможно, с помощью которого можно определить функциональные нарушения, которые являются предвестниками патологии.

2.2.4. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы крупного рогатого скота

2.2.4.1 Функциональное состояние кардиогемодинамики крупного рогатого скота

Для определения состояния гемодинамического статуса было обследовано голов КРС 70 джерсейской, 50 голштинской и 20 якутской пород методом КОО, что позволило установить различные параметры центрального и периферического кровообращения. Полученные значения центральной и периферической гемодинамики крупного рогатого скота, представлены в таблице 3.

Таким образом, в работе были установлены средние референтные значения миокардиально-гемодинамических показателей: разные виды артериального давления, сосудистые характеристики и показатели сердечной деятельности, оценивающие центральное и периферическое кровообращение у крупного рогатого скота.

2.2.4.2 Гемодинамические показатели КРС в зависимости от вегетативного статуса

Исследуемая 1-я группа с предполагаемым ИВТ ваготония характеризуется наиболее низкими значениями САД, ДАД, БАД, АДср, а также умеренными показателями СВ и сосудистого сопротивления. Скорость пульсовой волны и ОПСС ниже, чем в других анализируемых группах.

Исследуемая 2-я группа с предполагаемым ИВТ нормотония характеризуется показателями АД близки к средним значениям. Отмечаются максимальные значения СВ, СИ,

УО и мощности сокращения ЛЖ. ОПСС и сосудистые индексы находятся на среднем уровне, что свидетельствует о сбалансированной гемодинамике.

Таблица 3 – Показатели центральной и периферической гемодинамики КРС в состоянии относительного покоя, $M \pm m$ ($n=140$)

Показатели	Ед. изм.	$M \pm m$
<i>Средние показатели гемодинамики артериального давления</i>		
Систолическое артериальное давление	мм рт. ст.	118,01 $\pm$ 1,9
Диастолическое артериальное давление	мм рт. ст.	65,3 $\pm$ 1,65
Боковое артериальное давление	мм рт. ст.	112,63 $\pm$ 3,14
Среднее артериальное давление	мм рт. ст.	90,59 $\pm$ 3,32
Артериальное давление пульсовое	мм рт. ст.	52,53 $\pm$ 2,01
Скорость пульсового АД	мм рт. ст.	251,29 $\pm$ 11,07
Артериальное давление ударное	мм рт. ст.	30,52 $\pm$ 1,94
<i>Средние показатели гемодинамики сердечной деятельности</i>		
Сердечный выброс	л/мин	9,48 $\pm$ 0,28
Сердечный индекс	л/мин ²	2,86 $\pm$ 0,08
Ударный объем	мл	528,43 $\pm$ 4,53
Ударный индекс	мл	38,45 $\pm$ 1,29
Объемная скорость выброса	мл/с	424,35 $\pm$ 16,92
Мощность сокращения ЛЖ	Вт	5,97 $\pm$ 0,49
Расход энергии на 1 л СВ за минуту	Вт	12,71 $\pm$ 0,54
<i>Средние значения сосудистых показателей гемодинамики</i>		
Скорость кровотока линии	см/с	48,91 $\pm$ 2,01
Скорость пульсовой волны	см/с	945,53 $\pm$ 36,96
Податливость сосудистой системы	мл/мм рт. ст.	2,21 $\pm$ 0,06
ОПСС	дин*сек ⁻⁵ /см	767,57 $\pm$ 22,59
Удельное периферическое сопротивление	усл. ед	33,38 $\pm$ 0,98

У исследуемой 3-й группы с предполагаемым ИВТ симпатикотония отмечается повышенное значение АД и АДп, чем в других исследуемых группах. Показатели СВ и УО остаются высокими, но мощность сокращения ЛЖ и расход Е на 1 литр крови несколько ниже, чем во 2-й группе. Скорость пульсовой волны и ОПСС повышены, что указывает на увеличение сосудистого тонуса.

Исследуемая 4-я группа с предполагаемым ИВТ гиперсимпатикотония характеризуется максимальными значения ДАД и АДср, но отмечается сниженное пульсовое давление. СВ и УО на высоком уровне, однако мощность сокращения ЛЖ и расход Е на 1 л крови ниже, чем во 2-й группе. ОПСС и скорость пульсовой волны также повышены, что свидетельствует о выраженном сосудистом спазме.

Таким образом, гемодинамические показатели КРС тесно связаны с ИВТ, нормотоники обеспечивают наиболее сбалансированные показатели сердечной деятельности и сосудистого сопротивления, а симпатикотоники и гиперсимпатикотоники сопровождаются повышением сосудистого тонуса, увеличением ОПСС и скорости пульсовой волны, что может быть связано с компенсаторными реакциями организма. Ваготоники характеризуются снижением АД и сосудистого сопротивления, что отражает преобладание вазодилатирующих влияний.

2.2.4.3 Функциональное состояние гемодинамических показателей КРС разного возраста

С возрастом у КРС наблюдается тенденция к повышению САД и ДАД. Максимальные значения САД зафиксированы в 5 лет (122,87 $\pm$ 4,21 мм рт.ст.), ДАД – также в 5 лет (68,74 $\pm$ 3,08 мм рт.ст.). АДср достигает максимума в 5 лет (107,82 $\pm$ 8,53 мм рт.ст.), что в 1,3 раза выше, чем в 2 года. БАД максимально в 5 лет (128,26 $\pm$ 2,96 мм рт.ст.). АДп остаётся относительно стабильным (49–55 мм рт.ст.), без чёткой возрастной динамики. СКАДп демонстрирует два

пика: в 2 года ($274,06 \pm 3,24$ мм рт.ст.) и в 5 лет ($287,57 \pm 7,91$ мм рт.ст.). АДуд достигает максимума в 3 года ($33,58 \pm 3,61$ мм рт.ст.).

СВ и СИ максимальны в 5 лет ($10,99 \pm 0,69$ л/мин и $3,23 \pm 0,19$ л/мин² соответственно), что свидетельствует о повышении производительности сердца к старшему возрасту. УО также максимален в 5 лет ($544,22 \pm 9,11$ мл). ОСВ достигает пика в 5 лет ($478,48 \pm 33,58$ мл/с). Мощность сокращения ЛЖ максимальна в 5 лет ($7,46 \pm 1,03$ Вт), а расход Е на 1 л СВ – также в 5 лет ($15,17 \pm 1,37$ Вт), что указывает на увеличение энергозатрат сердца с возрастом.

Скорость кровотока линии максимальна в 5 лет ($55,48 \pm 4,41$ см/с). Скорость пульсовой волны наиболее высока в 2 года ($1088,26 \pm 43,22$ см/с), затем снижается и стабилизируется. ПСС достигает максимума в 3 года ($2,29 \pm 0,11$ мл/мм рт.ст.). ОПСС и удельное периферическое сопротивление возрастают к 3-4 годам и остаются на повышенном уровне, достигая максимума в 3 года ($791,77 \pm 9,92$ дин*сек⁻⁵/см и $34,4 \pm 1,62$ у.ед. соответственно).

Таким образом, с возрастом у КРС наблюдается: повышение САД, ДАД, СрАД, БАД, увеличение производительности сердца (СВ, СИ, УО, ОСВ) и мощность сокращения ЛЖ, расход Е, рост ОПСС, УПС, стабилизация скорости пульсовой волны после пика в 2 года. Наиболее выраженные изменения гемодинамики отмечены в возрасте 5 лет, что может отражать адаптацию ССС к повышенным функциональным нагрузкам у взрослых животных.

2.2.4.4 Функциональное состояние гемодинамики КРС в зависимости от породы

Джерсейская порода отличается более высоким СВ и скоростью кровотока при сравнительно низком периферическом сопротивлении, что свидетельствует о развитой насосной функции сердца и относительно низком тонусе сосудов, что характерно для животных с высокой метаболической активностью и интенсивным обменом веществ.

Голштинская порода выделяется более высоким АД (особенно систолическим и пульсовым), а также высокой скоростью пульсовой волны, что отражает большую жёсткость сосудистой стенки и выраженное сосудистое сопротивление. При этом СИ и УИ у неё ниже, а расход Е на поддержание СВ выше, т.е. сердце работает с большей нагрузкой.

У якутской породы отмечаются самые высокие значения ПСС, ОПСС при сравнительно низком СВ, что типично для животных, адаптированных к суровым климатическим условиям: высокий тонус сосудов способствует сохранению тепла и поддержанию стабильного кровообращения в экстремальных условиях.

Таким образом, различия в гемодинамических показателях между породами обусловлены как генетическими особенностями, так и адаптацией к условиям содержания. Проведённые исследования расширяет представления о гемодинамических особенностях КРС различных пород и создаёт научную основу для дальнейшего развития ветеринарной кардиологии и физиологии. Разработанные референтные значения являются важным вкладом в стандартизацию диагностических критериев для практической ветеринарии. Данные показатели оценивают ФС и адаптационные возможности исследуемых животных в зависимости от природно-климатических условий.

2.2.4.5 Электрокардиографические показатели КРС в состоянии покоя

В результате исследования были записаны ЭКГ у 140 коров по методу М.П. Рощевского в сагиттальных отведениях. Анализ амплитуда зубцов ЭКГ коров в сагиттальных отведениях зубцов Р, Q, R, S и Т, зарегистрированные в 6 сагиттальных отведениях (I, II, III, aVR, aVL, aVF) у 140 голов КРС. Установлено, что максимальная амплитуда зубца R зафиксирована в отведениях I, II и III ($0,14-0,15$ мВ), минимальная – в отведениях aVL и aVF ($0,11$ мВ). Наибольшие значения зубца S отмечены во II отведении ($0,27 \pm 0,02$ мВ), наименьшие – в III и aVF отведениях ($0,18 \pm 0,01$ мВ). Зубцы Р, Q и Т характеризовались невысокими амплитудными значениями ($0,07-0,12$ мВ).

Установлено, что интервал R-R в среднем составил $0,72 \pm 0,01$ мс, что соответствует частоте сердечных сокращений около 83 уд/мин. Интервал P-Q (атриовентрикулярная проводимость) в среднем равнялся $0,08 \pm 0,01$ мс, продолжительность комплекса QRS (внутрижелудочковая проводимость) – $0,05 \pm 0,01$ мс, а электрическая систола желудочков (интервал Q-T) – $0,31 \pm 0,01$ мс.

Таким образом, анализ амплитудных и временных параметров ЭКГ у КРС показал, что в сагиттальных отведениях зубцы R и S имеют наибольшую амплитуду, тогда как зубцы P, Q и T низкоамплитудны. Длительность интервала R-R составила $0,72 \pm 0,01$ мс, P-Q – $0,08 \pm 0,01$ мс, QRS – $0,05 \pm 0,01$ мс, Q-T – $0,31 \pm 0,01$ мс. Полученные данные могут быть использованы в качестве референсных интервалов для клинической оценки электрической активности сердца у КРС.

2.2.4.6 Электрокардиографические показатели КРС в зависимости от породы

Джерсейская порода демонстрирует наиболее выраженную электрическую активность предсердий и желудочков (зубцы P, Q, S), что указывает на активную насосную функцию сердца и высокую метаболическую потребность, характерную для животных с интенсивным обменом веществ. Голштинская порода отличается минимальными амплитудами всех зубцов классической ЭКГ, что может свидетельствовать о более экономной работе сердца с меньшей возбудимостью миокарда. Якутская порода выделяется высокими амплитудами зубцов R и T в ряде отведений, что говорит о мощной систоле и активной реполяризации желудочков. Это отражает адаптацию к экстремальным условиям: сердце работает с большим резервом для поддержания кровообращения при низких температурах.

Джерсейская порода отличается более длительными интервалами P-Q, QRS и Q-T, что указывает на особенности проводящей системы и реполяризации. Голштинская порода демонстрирует минимальные значения интервалов, что может свидетельствовать о более быстрой и экономичной работе сердца. Якутская порода занимает промежуточное положение, что согласуется с её адаптацией к экстремальным условиям.

Таким образом, различия в амплитудах зубцов ЭКГ между породами обусловлены адаптацией к условиям среды: джерсейская порода – активная работа сердца, голштинская – экономный режим, якутская – мощный резерв миокарда для экстремальных условий. Полученные данные важны для оценки состояния ССС и селекции животных.

2.2.4.7 Электрокардиографические показатели КРС разного возраста в состоянии покоя

У молодых коров джерсейской породы (2-3 года) амплитуды зубцов P, Q, R, S, T в большинстве отведений выше, чем у взрослых. С возрастом (4-5 лет) наблюдается тенденция к снижению амплитуд зубцов P, Q, S, T, тогда как зубец R остаётся стабильным или незначительно увеличивается. Амплитуды всех зубцов голштинской породы заметно ниже, чем у других пород. С возрастом амплитуда большинства зубцов остаётся низкой или уменьшается (особенно P, Q, S, T); зубец R в I и III отведениях незначительно увеличивается. Амплитуды зубцов якутской породы занимают промежуточное положение между джерсейской и голштинской. С возрастом амплитуда большинства зубцов (P, Q, S, T) снижается, но сохраняется на более высоком уровне, чем у голштинской породы. Зубец R в большинстве отведений стабилен или незначительно снижается.

Джерсейская порода отличается более длительными интервалами P-Q и Q-T на протяжении всей жизни, что указывает на более медленное проведение возбуждения и длительный период реполяризации. Голштинская порода демонстрирует минимальные значения интервалов и выраженную возрастную вариабельность. Якутская порода занимает промежуточное положение с увеличением длительности интервалов с возрастом.

Таким образом, джерсейская и якутская породы демонстрируют более высокие и стабильные амплитуды зубцов по сравнению с голштинской. С возрастом у всех пород отмечается снижение амплитуд зубцов P, Q, S, T (наиболее выраженное у голштинской), тогда как зубец R наиболее стабилен (может даже увеличиваться в I и III отведениях). Изменения исследуемых показателей ЭКГ с возрастом могут свидетельствовать о перестройке центральных регуляторных систем, что подтверждается результатами математического анализа сердечного ритма. Полученные данные важны для дифференциальной диагностики возрастных и породных особенностей сердечной деятельности КРС.

2.2.4.8 Электрокардиографические показатели КРС в зависимости от хозяйственных показателей

Джерсейская порода КРС демонстрирует наиболее выраженную динамику амплитуды анализируемых зубцов ЭКГ в зависимости от лактации, максимальные значения отмечаются во 2-й лактации, особенно в II и III отведениях. Голштинская порода отличается стабильно низкими значениями амплитуды зубцов ЭКГ во всех отведениях и на всех этапах лактации. У якутской породы отмечается более высокой амплитудой зубца Т. Анализируемый зубец-S наиболее чувствителен к стадии лактации у джерсейской породы. Зубец-Т у якутской породы часто выше, что может быть связано с особенностями метаболизма или адаптационными реакциями к условиям проживания. При оценке ЭКГ у КРС необходимо учитывать не только возраст и породу, но и стадию лактации. Особенно это важно для джерсейской породы, где изменения наиболее выражены.

В зависимости от стадии лактации также изменяется ФС ССС КРС. По мере увеличения срока лактации происходят физиологические перестройки организма, в результате чего меняется ФС, что находит своё отражение в изменениях на ЭКГ. Во время лактации организм животного испытывает функциональное напряжение, которое находит своё отражение в работе ССС КРС.

У голштинских коров ритм более стабилен по лактациям, у джерсейских - к 3-й лактации отмечается удлинение интервала R-R и замедление ритма, а якутские занимают промежуточное положение. У джерсейских и голштинских интервал P-Q выше, а у якутских - минимален и увеличивается с лактацией. У джерсейских КРС комплекс QRS максимален в 1-2-ю лактацию и снижается к 3-й, у якутских - минимален в начале и увеличивается к 3-й лактации, а у голштинских имеет минимальное значение. У джерсейских коров интервал Q-T максимален и снижается с лактацией, у голштинских отмечается минимальное значение, а у якутских - минимален на 3-й лактации.

Таким образом, джерсейская порода отличается более длительными интервалами P-Q и Q-T на протяжении всех лактаций, что указывает на замедленное проведение возбуждения и более длительный период восстановления миокарда. Голштинская порода демонстрирует минимальные значения по большинству интервалов и высокую стабильность по лактациям. Якутская порода занимает промежуточное положение, но к 3-й лактации отмечается увеличение длительности QRS и снижение Q-T. Полученные различия обусловлены как породными особенностями проводящей системы сердца, так и адаптацией к условиям содержания и физиологической нагрузке в разные периоды лактации.

2.2.4.9 Электрокардиографические показатели КРС в зависимости от вегетативного статуса

В I и II отведениях отмечаются наибольшие амплитуды зубца-S отмечаются у коров с предполагаемым ИВТ гиперсимпатикотония (4-я группа), что может свидетельствовать о более выраженной деполяризации желудочков при высоком СО ВНС. В III отведении амплитуды зубцов -R, -Q, -R и -T у КРС с преобладанием ПО ВНС (1-я группа) выше, чем у исследуемых животных с предполагаемым ИВТ симпатикотония. В aVR, aVL, aVF отведениях также прослеживаются различия, в aVL у КРС с предполагаемым ИВТ гиперсимпатикотония (4-я группа) зубец-S имеет наибольшую амплитуду по сравнению с другими анализируемыми группами. Полученные в работе данные позволяют предположить, что ИВТ оказывает влияние на электрическую активность сердца КРС, что может быть использовано для диагностики функциональных изменений миокарда и оценки адаптационных возможностей ССС у животных с разным типом ИВТ.

У всех исследуемых пород КРС при переходе от 1-й к 4-й группе наблюдается тенденция к укорочению интервала R-R, что свидетельствует об учащении сердцебиения при усилении СО ВНС. Якутская порода демонстрирует наиболее выраженное укорочение интервала R-R в 4-й группе ($0,62 \pm 0,01$ мс), что говорит о наибольшей чувствительности к гиперсимпатикотонии.

У всех исследуемых пород КРС с увеличением СО ВНС (от 1-й к 4-й группе) отмечается укорочение интервала P-Q. Наиболее выраженное укорочение интервала P-Q наблюдается у

якутской породы (с $0,08 \pm 0,01$ до $0,05 \pm 0,01$ мс), что, следовательно, может указывать на ускорение атриовентрикулярной проводимости при симпатикотонии.

У джерсейской и якутской пород в 1-й группе интервал Q-T короче, чем в остальных, а при переходе к симпатикотонии (3-я и 4-я группы) анализируемый интервал удлиняется. У голштинской породы наблюдается более сложная динамика изменения интервала Q-T, в 1-й и 2-й группах интервал Q-T короче, чем у других пород КРС, но в 3-й и 4-й группах значения увеличиваются, особенно в 3-й группе ($0,36 \pm 0,01$ мс).

ИБТ оказывает выраженное влияние на длительность интервалов R-R и P-Q, что отражает адаптацию сердечной деятельности к преобладанию СО или ПО ВНС. Якутская порода наиболее чувствительна к изменениям вегетативного гомеостаза, особенно по интервалам R-R и P-Q. Длительность интервала Q-T увеличивается при симпатикотонии, что может быть связано с удлинением реполяризации желудочков. Интервал QRS остаётся стабильным вне зависимости от породы и ИБТ.

2.2.5 Регуляторные механизмы, обеспечивающие работу сердечно-сосудистой системы крупного рогатого скота

2.2.5.1 Физиологические особенности электрической активности кожи КРС

Изучение ЭАК у КРС проводили в станке в состоянии относительного покоя, без различных раздражителей. Исследовано было 140 коров, регистрацию ЭАК проводили по Фере. Среднее значение ЭАК у исследуемых КРС составило $33,47 \pm 5,6$ мкСм.

В первой группе результаты показали: коровы, привыкшие к условиям опыта, эмоциональное напряжение у них отмечается незначительное, оно проходит на стадии покоя, т.е. возбуждения нет – изменения кожных потенциалов не возникает (рисунок 9), волна быстро угасала или низкой амплитуды. Среднее значение составило $1,36 \pm 0,8$ мкСм.



Рисунок 9 – Электрическая активность кожи КРС - «ваготоники»

У второй группы коров отмечали незначительные волны (рисунок 10), соответствующие состоянию «внимания», невысокие пологие волны с амплитудой до $18,6 \pm 3,4$ мкСм.



Рисунок 10 – Электрическая активность кожи КРС – «нормотоники»

У третьей группы коров можно отметить образующиеся высокие волны с амплитудой до $44,3 \pm 3,6$ мкСм (рисунок 11).



Рисунок 11 – Электрическая активность кожи КРС – «симпатикотоники»

ЭАК у четвертой группы отмечается быстрыми и пологими волнами (рисунок 12), угасание наступает очень медленно, т.е. длительно не затухает, составила $69,6 \pm 3,2$ мкСм.

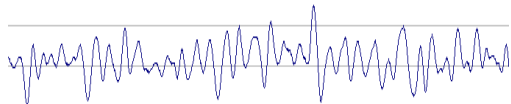


Рисунок 12 – Электрическая активность кожи КРС – «гиперсимпатикотоники»

У коров первой группы в условиях эмоциональной нагрузки в первые минуты записи ЭАК изменений суммарной активности нет (ЭАК «ваготоники»), у второй группы суммарный эффект ЭАК «нормотоники», у третьей группы – ЭАК «симпатикотоники» и 4-ой группы – ЭАК «гиперсимпатикотоники».

Наблюдается высокая степень корреляции между ЭАК и ИН ($r=0,95$), так как при повышении ИН происходит активация СО ВНС, а с повышением значения ЭАК происходит также активация СО ВНС. Проанализирована ЭАК у коров в зависимости от породы, полученные значения джерсейская порода демонстрирует наибольшую ЭАК ($46,7 \pm 3,4$ мкСм), что указывает на более высокий уровень СО ВНС и реактивности, что может быть связано с особенностями метаболизма, большей чувствительностью к стрессу или более интенсивной работой ВНС. Голштинская порода занимает промежуточное положение ($31,8 \pm 4,8$ мкСм), что характеризуется умеренный уровень симпатической активности. Якутская порода имеет

наименьшую ЭАК ($26,35 \pm 2,7$ мкСм), что говорит о более экономной работе ВНС, следовательно, обладает лучшей адаптацией к стрессовым факторам окружающей среды.

Таким образом, различия в показателях ЭАК между породами отражают индивидуальные особенности регуляции вегетативных функций, данные важны для оценки физиологического состояния и выбора породы с учётом условий эксплуатации.

2.2.5.2 Функциональное состояние вегетативной нервной системы КРС в состоянии покоя

Для КРС были определены математические показатели ВСР в состоянии относительного покоя, которые согласно принятой методике, характеризуют величину тонуса отделов ВНС и степень напряжения механизмов регуляции сердечной деятельности. Полученные числовые значения математического анализа сердечного ритма животных, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели математического анализа сердечного ритма коров в состоянии покоя, $M \pm m$ ($n=140$)

Показатели ВСР	Статистические показатели		
	$M \pm m$	Lim_{min}	Lim_{max}
Мо, сек	$0,7257 \pm 0,0079$	0,7098	0,7415
АМо, %	$55,03 \pm 1,32$	52,41	57,64
ΔX , сек	$0,515 \pm 0,039$	0,4371	0,5948
ИН, у.ед.	$144,81 \pm 9,81$	125,4	164,2
ИВР, у.ед.	$204,88 \pm 13,53$	178,06	231,69
ВПР, у.ед.	$5,75 \pm 0,81$	4,14	7,36
ПАПР, у.ед.	$76,87 \pm 1,93$	73,03	80,71
RMMSSD, мс	$94,23 \pm 7,35$	79,68	108,79
pNN50, %	$34,38 \pm 1,76$	30,9	37,86
ЧСС, уд/мин	$71,3 \pm 2,77$	67,76	80,83

Таким образом, при математическом анализе ВСР для КРС были получены и проанализированы первичные и вторичные показатели вариационной пульсометрии, оценивающие ФС и адаптационные возможности сердечной деятельности у здоровых коров, и впервые получены референтные значения индексов Каплана, индекса Макруза, а также показатели сердечного стресса и сердечной аритмии, которые определяют степень развития напряжения и сердечного стресса (по А.П. Кулаичеву, 2004).

2.2.5.3 Функциональное состояние сердечной деятельности КРС в зависимости от вегетативного статуса

На основании ИН животные разделены на 4 группы: ваготоники (ИН=0-50 у.ед., 15,0%), нормотоники (ИН=51-150 у.ед., 44,2%), симпатикотоники (ИН=151-250 у.ед., 25,8%) и гиперсимпатикотоники (ИН $\geq$ 251 у.ед., 15,0%). Корректность классификации подтверждена статистически (90,34%).

Наибольшие значения RMSSD ($223,96 \pm 27,51$ мс) и pNN₅₀ ($52,02 \pm 4,63\%$) отмечены у ваготоников, что свидетельствует о высоком уровне парасимпатической регуляции. Минимальные значения этих показателей – у гиперсимпатикотоников ($42,8 \pm 3,26$ мс и $23,76 \pm 3,14\%$ соответственно). У ваготоников также зафиксированы максимальная Мо – $0,744 \pm 0,023$ с и минимальная АМо – $41,28 \pm 2,36\%$, что отражает высокое ФС ССС. В группах нормотоников и симпатикотоников АМо выше ($55,64 \pm 1,98\%$ и $60,16 \pm 1,72\%$ соответственно), что указывает на снижение парасимпатических влияний, максимальная АМо – у гиперсимпатикотоников.

Индекс напряжения минимален у ваготоников ($28,94 \pm 2,92$ у.ед.) и закономерно возрастает по мере усиления симпатической активности. Вторичные показатели (ИВР, ВПР, ПАПР) также минимальны у ваготоников ($42,61 \pm 4,36$; $1,55 \pm 0,16$; $56,44 \pm 3,48$ у.ед. соответственно) и повышаются при активации СО ВНС. ИДМ максимален у ваготоников и минимален у гиперсимпатикотоников, а ИСАТ минимален у ваготоников и возрастает с активацией СО ВНС, ИМА наименьший у симпатикотоников, наибольший – у нормотоников.

С активацией СО ВНС у КРС происходят сдвиги в сторону увеличения показателей Баевского, снижения ИДМ и повышения ИСАТ. Ваготоники характеризуются высоким адаптационным уровнем ССС, преобладанием парасимпатических влияний и экономичным режимом работы сердца. Нормотоники, симпатикотоники и гиперсимпатикотоники демонстрируют прогрессирующее напряжение регуляторных механизмов и снижение адаптационных резервов по мере усиления симпатической активности. Полученные референтные значения отражают особенности функционирования СО и ПО ВНС у КРС.

2.2.5.4 Функциональное состояние сердечной деятельности КРС в зависимости от породы

Якутская порода отличается наибольшим разбросом КИ (ΔX), наименьшими значениями ИН и ИВР, что свидетельствует о минимальной централизации управления сердечным ритмом и преобладании автономного (парасимпатического) контроля. У этой породы также самая высокая ЧСС и наибольшие значения RMSSD, что говорит о выраженной лабильности и адаптивности ССС, физиологически оправданной для экстремальных условий среды.

Джерсейская порода характеризуется максимальной централизацией управления ритмом (наибольшие ИН и ИВР), наименьшим разбросом КИ (ΔX), что указывает на стабильный и менее лабильный ритм сердца. Низкая ЧСС отражает экономное функционирование ССС в покое, характерное для высокопродуктивных пород с интенсивным обменом веществ. Голштинская порода занимает промежуточное положение по большинству показателей, что соответствует её универсальности и высокой продуктивности в стандартных условиях содержания.

Якутская порода характеризуется самым высоким ИДМ и самым низким ИСАТ, что подтверждает преобладание автономного (парасимпатического) контроля и высокую лабильность сердечной деятельности. Джерсейская порода отличается наименьшим ИДМ и наибольшим ИСАТ, что свидетельствует о выраженной централизации управления ритмом сердца и доминировании СО ВНС. Голштинская порода занимает промежуточное положение по ИДМ и ИСАТ, но выделяется максимальным ИМА, что может отражать особенности метаболической активности миокарда.

Голштинская порода демонстрирует наибольший ПСС, что может быть связано с высокой продуктивностью и интенсивным метаболизмом, отражая повышенную нагрузку на ССС даже в покое. Джерсейская порода отличается наименьшими значениями как ПСС, так и ПСА, что свидетельствует о стабильной работе сердца и меньшей склонности к аритмиям. Якутская порода выделяется самым высоким уровнем ПСА, что объясняется выраженной лабильностью и высокой вариабельностью сердечного ритма, характерной для адаптации к экстремальным условиям (не патология, а высокая реактивность).

Джерсейская порода имеет высокий ИМ, что указывает на преобладание электрической активности желудочков над предсердиями, и более вертикальную ЭОС ($44,36^\circ$). Якутская порода занимает промежуточное положение по ИМ и имеет самую горизонтальную ЭОС, что отражает адаптацию к условиям среды и особенности строения грудной клетки. Голштинская порода демонстрирует минимальное значение ИМ, что свидетельствует о сбалансированной работе отделов сердца.

Таким образом, впервые установлены породные особенности математического анализа сердечного ритма КРС в покое. Полученные различия физиологически обусловлены адаптационными стратегиями пород к условиям среды, уровню продуктивности и особенностям метаболизма.

2.2.5.5 Возрастные особенности регуляции сердечного ритма КРС

Наибольшие значения RMSSD ($111,15 \pm 16,43$ мс) и pNN_{50} ($39,89 \pm 3,43\%$) отмечены у коров в возрасте 2 лет, что свидетельствует о высоком уровне парасимпатической регуляции и совершенном уровне вегетативного контроля ССС. Наименьшие значения этих показателей зафиксированы в 5 лет ($81,48 \pm 12,57$ мс и $30,83 \pm 2,98\%$ соответственно).

В возрасте 3 лет выявлены максимальная АМо – $58,28 \pm 2,43\%$ и минимальная Мо – $0,699 \pm 0,015$ с, что отражает высокий функциональный уровень ССС. С возрастом величина

АМо увеличивается, что свидетельствует о снижении парасимпатических влияний и уменьшении функционального уровня ССС.

ИН минимален в 2 года ($49,7 \pm 5,1$ у. ед.), что указывает на преобладание ПО ВНС, и максимален в 5 лет, отражая формирование разной степени напряжения регуляторных механизмов в зависимости от возраста. Вторичные показатели (ИВР, ВПР, ПАПР) максимальны у коров в возрасте 3 лет, что свидетельствует об активации СО ВНС. ИДМ снижается после 4 лет, что может быть связано с началом возрастных изменений или снижением общей активности. ИСАТ увеличивается с возрастом, отражая повышение стрессоустойчивости и готовности к физиологическим перестройкам. ИМА максимален в 3 года (период максимальной продуктивности и физиологической активности), затем снижается к 5 годам, что связано с естественным замедлением метаболизма.

С возрастом у КРС отмечается устойчивое повышение ПСС и ПСА, что отражает постепенное снижение адаптационных возможностей ССС и накопление возрастных изменений. Для молодых животных характерен более низкий уровень стресса и аритмий, свидетельствующий о лучших резервах адаптации, а в старшем возрасте возрастает риск функциональных нарушений.

ИМ увеличивается с возрастом, достигая максимума к 4 годам, что отражает физиологическое усиление электрической активности желудочков. После 4 лет наблюдается тенденция к снижению, что может быть связано с началом возрастных изменений в сердце.

Таким образом, с возрастом у КРС происходит снижение парасимпатических влияний, увеличение симпатической активности, уменьшение ВСР и адаптационных резервов. Наиболее высокий уровень вегетативной регуляции и адаптации ССС характерен для животных 2–3 лет. В возрасте 5 лет регистрируются максимальное напряжение регуляторных механизмов, наибольший уровень стресса и наименьшие адаптационные возможности.

2.2.5.6 Функциональное состояние сердечной деятельности КРС в зависимости от хозяйственных показателей

Исследуемая группа КРС характеризуется средней молочной продуктивностью $7264,18 \pm 160,19$ кг, скоростью молокоотдачи $2,03 \pm 0,12$ кг/мин и среднесуточным надоем $17,56 \pm 1,49$ л.

Симпатикотоники демонстрируют наиболее высокие показатели продуктивности и суточного надоя. Умеренная симпатическая активация способствует мобилизации энергетических ресурсов и обеспечивает эффективную работу молочной железы. Гиперсимпатикотоники выделяются самой высокой скоростью молокоотдачи, но при этом имеют самый низкий суточный надой и продуктивность. Чрезмерная активация СО ВНС приводит к спазму сосудов вымени, нарушению окситоцинового рефлекса и снижению эффективности молокообразования. Нормотоники занимают промежуточное положение, отражая сбалансированную работу ВНС. Ваготоники имеют более низкие показатели по сравнению с симпатикотониками и нормотониками, что связано с преобладанием процессов восстановления и снижением общей активности организма.

Голштинская порода отличается самой высокой молочной продуктивностью и скоростью молокоотдачи, особенно в первую лактацию. Джерсейская порода демонстрирует стабильный рост продуктивности к третьей лактации. Якутская порода имеет минимальные показатели молочной продуктивности и скорости молокоотдачи, но демонстрирует положительную динамику с возрастом.

ИДМ: у якутской породы резко возрастает с возрастом (высокая адаптивность), у голштинской также растёт, но менее выражено, а джерсейская порода демонстрирует стабильность или снижение. ИСАТ у голштинской породы в первой лактации наблюдается очень высокий тонус, затем он снижается (стрессовая реакция), у якутской породы ИСАТ минимален в начале и постепенно увеличивается (адаптация), а у джерсейской породы демонстрирует умеренный и стабильный уровень. ИМА у голштинской породы максимален в

первую лактацию и снижается к третьей, у джерсейской и якутской пород ИМА растёт с возрастом.

ПСС у голштинской породы выражен на второй лактации (максимальная продуктивная нагрузка), у якутской породы постепенно увеличивается с возрастом, джерсейская порода демонстрирует наиболее стабильные показатели. ПСА максимален и стабильно растёт с возрастом у якутской породы (особенности проводящей системы сердца или возрастные изменения). У голштинской и джерсейской пород уровень аритмии ниже и более стабилен.

2.2.5.7 Функциональное состояния сердечной деятельности КРС методом дисперсионного картирования

Для дополнительной оценки ФС сердечной деятельности у КРС было проведено исследование с помощью «Кардиовизора 6.0» методом ДК. Полученные «портреты сердца» КРС, представлены ниже на рисунках 13, 14.

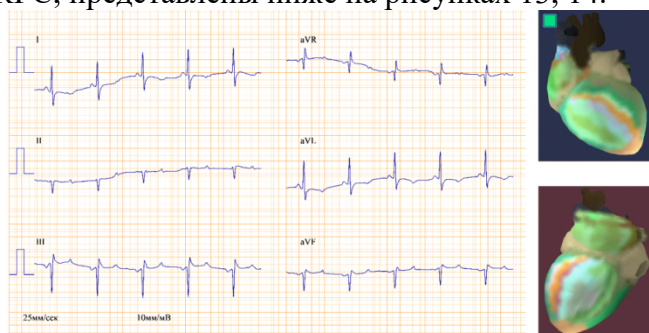


Рисунок 13 – «Портрет сердца» коровы джерсейской породы (5 лет)

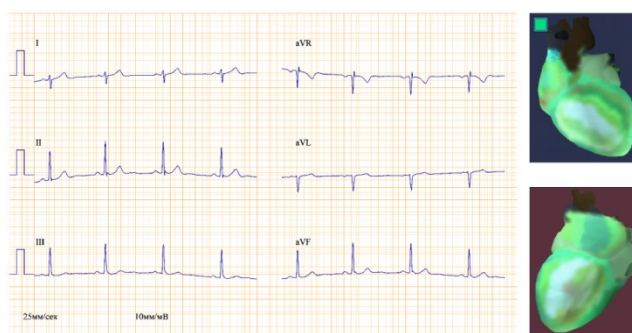


Рисунок 14 – «Портрет сердца» коровы якутской породы (3 года)

Рисунок 13, наблюдаются дисперсионные отклонения. Умеренные изменения в процессе деполяризации предсердий. Нормокардия. Отклонение ЭОС влево. Предсердия – признаки нестабильности водителя ритма. Желудочки – умеренные изменения миокарда желудочков. Небольшая асимметрия деполяризации ЛЖ. Возможны признаки перегрузки ЛЖ.

Рисунок 14, наблюдаются умеренные неспецифические изменения миокарда желудочков. Умеренные изменения в процессе деполяризации предсердий. Нормальное положение ЭОС. Небольшая асимметрия деполяризации ЛЖ. Возможны признаки перегрузки ЛЖ. Пульс составил 51 уд/мин, что на 15 % ниже нижней границы физиологической нормы, значимых отклонений ВСП нет.

Метод ДК ЭКГ является перспективным средством ранней диагностики как в клинических, так и в скрининговых исследованиях. В ветеринарии его достоинство – неинвазивный контроль метаболизма миокарда в реальном времени. При обследовании коров метод позволил выявить локальные структурные изменения миокарда, роль центральной и вегетативной нервной систем в их формировании, а также определить предикторы на ранних стадиях патологии. Таким образом, дисперсионное картирование даёт возможность оценить состояние сердца, его электрофизиологические параметры и метаболическую активность миокарда.

2.2.6 Физиологические особенности адаптации лошадей и крупного рогатого скота с учётом природно-климатических зон

Проведён комплексный анализ электрофизиологических и гемодинамических показателей у лошадей (орловская, русская, якутская, ганноверская, американская породы) и КРС (джерсейская, голштинская, якутская породы). Установлены выраженные межвидовые и породные различия в ФС сердечно-сосудистой и нервной систем.

Электрокожная активность у КРС значительно выше, чем у лошадей (максимум у джерсейской породы – $46,7 \pm 3,4$ мкСм, минимум у американской породы лошадей – $0,9 \pm 0,01$ мкСм). Индекс напряжения у крупного рогатого скота в несколько раз выше, чем у лошадей

(максимум у джерсейской породы – $162,1 \pm 13,54$ у.ед., у лошадей – у орловской породы $40,75 \pm 0,86$ у.ед., минимум у американской – $7,71 \pm 3,2$ у.ед.). Мода у лошадей ($1,376-1,75$ с) значительно выше, чем у крупного рогатого скота ($0,710-0,743$ с). Амплитуда моды у КРС ($53,1-55,8\%$) выше, чем у лошадей ($34,3-43,6\%$). Наибольшие значения RMSSD зафиксированы у якутской породы лошадей ($308,65 \pm 20,61$ мс), минимальные – у орловской ($51,77 \pm 7,13$ мс). Максимальная амплитуда зубца R у лошадей – у орловской породы ($0,78 \pm 0,03$ мВ), интервал Q-T варьировал от $0,254 \pm 0,004$ мс (орловская) до $0,539 \pm 0,005$ мс (американская).

У КРС сердечный выброс ниже ($8,23-9,81$ л/мин), а ударный объём ($510-532$ мл) и сердечный индекс ($2,78-2,99$ л/мин·м²) выше, чем у лошадей. Орловская порода лошадей характеризуется максимальными показателями мощности сокращения левого желудочка ($7,6 \pm 0,4$ Вт) при наименьшей экономичности работы (расход энергии – $12,79$ Вт/л). Якутская порода лошадей демонстрирует наиболее экономичный режим работы сердца ($9,1 \pm 0,9$ Вт/л).

На основе полученных корреляционных взаимосвязей для исследуемых животных был разработан комплексный показатель variability сердечного ритма – показатель активности регуляторных систем (ПАРС) для сельскохозяйственных животных, впервые выявленный и изученный для лошадей и крупного рогатого скота с учётом природно-климатических зон (ранее такой показатель был известен только для человека).

Данный показатель включает пять характеристик ВСР, каждая из которых оценивается в балльной градации путём сравнения статистических показателей и данных спектрального анализа кардиоинтервалограммы с заданными пороговыми значениями.

В таблице 5 представлены данные о частоте сердечных сокращений (ЧСС) у лошадей и КРС (отражают суммарный эффект регуляции ССС и служит объективным критерием оценки ФС и адаптационных возможностей животных) и вариационном размахе сердечного ритма ΔX (отражает функцию автоматизма сердца и степень влияния регуляторных систем на сердечную деятельность).

Таблица 5 – Частота сердечных сокращений и вариационный размах сердечного ритма

Показатели	Вид животного	ЧСС, уд/мин	Оценка, балл	Показатели	Вид животного	Вариационный размах ΔX , сек	Оценка, балл
Выраженная тахикардия	корова	≥ 91	+2	Стабильный ритм	корова	$\leq 0,32$	+2
	лошадь	≥ 52			лошадь	$\leq 0,384$	
Умеренная тахикардия	корова	81-90	+1	Выраженная синусовая аритмия	корова	0,33-0,44	+1
	лошадь	$\geq 42-51$			лошадь	0,385-0,729	
Нормокардия	корова	60-80	0	Умеренная синусовая аритмия	корова	0,45-0,8	0
	лошадь	30-41			лошадь	0,729-1,258	
Умеренная брадикардия	корова	52 - 59	-1	Нарушение автоматизма умеренное	корова	0,9-2,02	-1
	лошадь	$\leq 24-29$			лошадь	1,259-2,02	
Выраженная брадикардия	корова	≤ 51	-2	Нарушение автоматизма выраженное	корова	$\geq 2,03$	-2
	лошадь	≤ 23			лошадь	$\geq 2,025$	

Индекс напряжения (ИН) и активность подкоркового нервного центра (VLF/TP) у лошадей и КРС приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Индекс напряжения (ИН) и активность подкоркового нервного центра (VLF/TP)

Показатели	Вид животного	ИН, у.ед.	Оценка, балл	Показатели	Вид животного	VLF/TP	Оценка, балл
Выраженное преобладание ПО ВНС	корова	0-20	+2	Выраженное усиление активности ПНЦ	корова	$\geq 0,81$	+2
	лошадь	0-5			лошадь	$\geq 0,67$	
Умеренное преобладание ПО ВНС	корова	21-100	+1	Умеренное усиление активности ПНЦ	корова	0,80-0,68	+1
	лошадь	6-20			лошадь	0,66-0,43	
Вегетативное равновесие	корова	101-150	0	Вегетативное равновесие активности ПНЦ	корова	0,67-0,51	0
	лошадь	21-30			лошадь	0,42-0,23	
Умеренное преобладание СО ВНС	корова	151-250	-1	Умеренное ослабление активности ПНЦ	корова	0,50-0,38	-1
	лошадь	31-44			лошадь	0,23-0,14	
Выраженное преобладание СО ВНС	корова	≥ 251	-2	Выраженное ослабление активности ПНЦ	корова	$\leq 0,37$	-2
	лошадь	≥ 45			лошадь	$\leq 0,13$	

В таблице 7, коэффициент вариации (CV) сердечного ритма у лошадей и КРС характеризует устойчивость и пластичность регуляторных механизмов ССС, служат индикатором функционального резерва и адаптационных возможностей организма.

Таблица 7 – Коэффициент вариации - устойчивость регуляции

Показатели	Вид животного	CV, %	Оценка, балл
Дисрегуляция с преобладанием СО ВНС	корова	$\leq 5,0$	+2
	лошадь	$\geq 4,0$	
Устойчивая регуляция	корова	8,0-4,9	0
	лошадь	7,0-3,9	
Дисрегуляция с преобладанием ПО ВНС	корова	$\geq 8,1$	-2
	лошадь	$\geq 7,1$	

ПАРС равен сумме модулей значения всех пяти функций, вычисленных по таблицам, и характеризует балльную оценку ФС организма на основе анализа ВСР. Значения ПАРС выражаются в баллах от 1 до 10 (Баевский Р. М., 1979). На основании анализа значений ПАРС могут быть диагностированы следующие ФС.

1. Состояние оптимального (рабочего) напряжения регуляторных систем, необходимое для поддержания активного равновесия организма со средой (ПАРС=1-2).

2. Состояние умеренного напряжения регуляторных систем, когда для адаптации к условиям окружающей среды организму требуются дополнительные функциональные резервы. Такие состояния возникают в процессе адаптации при эмоциональном стрессе или при воздействии неблагоприятных экологических факторов (ПАРС=3-4).

3. Состояние выраженного напряжения регуляторных систем, которое связано с активной мобилизацией защитных механизмов, в том числе с повышением активности САС и системы гипофиз-надпочечники (ПАРС=4-6).

4. Состояние перенапряжения регуляторных систем, для которого характерны недостаточность защитно-приспособительных механизмов, их неспособность обеспечить адекватную реакцию организма на воздействие факторов окружающей среды. Здесь избыточные активации регуляторных систем уже не подкрепляется соответствующими функциональными резервами (ПАРС=6-7).

5. Состояние истощения регуляторных систем, при котором активность управляющих механизмов снижается (недостаточность механизмов регуляции) и появляются характерные признаки патологии, специфические изменения отчётливо преобладают над неспецифическими (ПАРС=7-8).

6. Состояние «полома» адаптационных механизмов (срыв адаптации), когда доминируют специфические патологические отклонения, и способность адаптационных механизмов к саморегуляции частично или полностью нарушена (ПАРС=9-10).

На основе анализа ВСР лошадей и КРС с учётом природно-климатических зон был разработан адаптационный потенциал, оценивающий ФС.

Выраженное преобладание ПО ВНС – высокий уровень «цены адаптации» организма к условиям окружающей среды.

Умеренное преобладание ПО ВНС – средний уровень «цены адаптации» организма к условиям окружающей среды, наблюдается равновесное состояние между ПО и СО ВНС.

Вегетативное равновесие – физиологическая норма ФС и компенсаторно-приспособительных реакций организма к условиям окружающей среды. Оптимальное напряжение регуляторных систем организма, необходимое для поддержания активного состояния.

Умеренное преобладание СО ВНС – удовлетворительный уровень адаптации. Наблюдается умеренное напряжение регуляторных систем организма и ФС, для адаптации к условиям окружающей среды организму требуются дополнительные функциональные резервы. Такое состояние адаптационных реакций организма может быть связано со стресс-факторами.

Выраженное преобладание СО ВНС – средний уровень адаптации. Выраженное напряжение регуляторных систем и ФС организма. Данный уровень адаптации связан с активацией дополнительных защитных механизмов, в результате чего происходит начальное повышение активности САС и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы.

Срыв механизмов адаптации характеризуется низким уровнем или нарушением саморегуляции, доминированием патологических отклонений, перенапряжением и истощением регуляторных систем при недостаточности функциональных резервов, что проявляется донозологическими признаками патологии и неспособностью организма адекватно реагировать на факторы окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы

В результате проведённой научной работы мы пришли к следующим выводам:

1. Исследование особенностей спонтанной активности нейронов ГМ лошадей в состоянии относительного покоя позволило выявить ряд закономерностей, обусловленных возрастными изменениями, породами, видом специализации и вегетативного гомеостаза в регионах Рязанской области и Республики Саха (Якутия). Преобладающим ритмом в покое является δ -ритм. Достоверные отличия спонтанной ЭЭГ у лошадей (β -1, β -2 и α -ритм у молодых лошадей более выражены, чем у других возрастных групп). У лошадей старше 19 лет и более наблюдается минимальное проявление этих показателей. На функциональную активность ГМ влияет вид специализации. Так, у выездки выражен δ -ритм, конкура - β -1, троеборье - α -ритм, а проката - β -2, θ -ритмы. Установлено, что у ваготоников выражены θ - и δ -ритмы, нормотоников - θ -ритм, симпатикотоников - α и β -1 ритмы, а у гиперсимпатикотоников - β -2, δ и γ -ритмы. Нейронная активность изменяется в зависимости от уровня физиологического стресса, вызванного адаптационными механизмами организма лошади к климатическим условиям региона проживания. Выявлены специфические изменения паттерна

активности нейронов, характерны для определённых видов специализации и адаптации к холодному климату Якутии.

2. Проведённые исследования позволили определить основные показатели физиологического возбуждения по параметрам ЭАК у исследуемых лошадей и КРС в условиях относительного покоя и в зависимости от возраста, породы, вегетативного гомеостаза и видовых особенностей в природно-климатических зонах. У лошадей и КРС выявлены характерные различия в амплитуде и динамике ЭАК от ИВТ: у ваготоников отмечаются минимальные значения, свидетельствующие о низкой реактивности, у нормотоников – умеренные, а у симпатикотоников и гиперсимпатикотоников – высокие значения, отражающие выраженное эмоциональное напряжение и повышенную возбудимость. Показатели ЭАК увеличиваются с возрастом, что указывает на возрастные изменения вегетативной регуляции и повышение уровня физиологического возбуждения у животных. У КРС значения ЭАК в 1,5 раза превышают показатели лошадей, что отражает видовые особенности организации вегетативной регуляции: у КРС выше симпатическая активность и интенсивность метаболических процессов. Наименьшие значения ЭАК у американской породы лошадей (0,9 мкСм) и якутской породы КРС (26,35 мкСм) свидетельствуют о высокой адаптивности и экономичности работы ВНС, тогда как максимальные значения у орловской породы лошадей (25,6 мкСм) и джерсейской породы КРС (46,7 мкСм) указывают на высокую реактивность и напряжение регуляторных систем, что ассоциируется с повышенным риском стресс-индуцированных состояний.

3. При изучении состояния регуляторных механизмов, обеспечивающих ФС сердечной деятельности, с помощью вариационной пульсометрии и ЭКГ у лошадей и КРС с учётом природно-климатических зон установлено, что ССС молодняка отличается большей лабильностью регуляции, тогда как у взрослых особей наблюдается устойчивое преобладание ПО ВНС. Между лошадьми и КРС были обнаружены значительные отличия в показателях ВСР. У лошадей отмечалось большее разнообразие спектральных компонентов, что отражает большую чувствительность их ССС к изменениям внешней среды. Животные, содержащиеся в экстремальных условиях Республики Саха (Якутия), демонстрировали повышенную активацию САС, направленную на поддержание адекватного кровообращения в неблагоприятных температурных условиях. Исследование показало высокую значимость тонкого баланса между СО и ПО компонентами автономной нервной системы в поддержании оптимального функционирования сердца. Нарушение равновесия будет сопровождаться ухудшением адаптивных возможностей организма.

4. Установлены и проанализированы значения ИМ у лошадей и КРС в зависимости от ИВТ, возраста, породы животных в зависимости от условий Рязанского региона и Республики Саха (Якутия). У лошадей и КРС выявлены чёткие различия ИМ в зависимости от типа вегетативной регуляции: минимальные значения отмечаются у ваготоников, средние – у нормотоников, максимальные у симпатикотоников и гиперсимпатикотоников, что свидетельствует о высокой информативности индекса для оценки ФС миокарда. Возрастные изменения ИМ характеризуются как видоспецифическими, так и породными особенностями: у лошадей наблюдается увеличение показателя с возрастом до определённого периода с последующим снижением, у КРС динамика индекса также зависит от породы и возраста, что отражает особенности возрастной адаптации и вегетативной реактивности. Выявлены межвидовые и породные различия, у лошадей значения ИМ варьировали от $1,03 \pm 0,01$ у.ед. (орловская) до $1,73 \pm 0,01$ у.ед. (американская), у КРС от $0,44 \pm 0,09$ у.ед. (голландская) до $2,02 \pm 0,32$ у.ед. (джерсейская), что указывает на более высокую породную вариабельность у КРС. Якутская порода лошадей заняла промежуточное положение ($1,31 \pm 0,01$ у.ед.), тогда как якутская порода КРС – близкое к максимуму ($1,85 \pm 0,17$ у.ед.), что отражает видовые различия: у жвачных нагрузка на предсердия выше, вероятно, в связи с особенностями обмена веществ и гемодинамики. Обе породы адаптированы к экстремальному холоду, однако ССС якутского КРС функционирует в режиме большего напряжения по сравнению с якутской лошадью. Данный индекс показал себя эффективным инструментом мониторинга функциональных

резервов ССС животных, является чувствительным индикатором изменений вегетативного статуса и может служить прогностическим маркером риска возникновения сердечно-сосудистых отклонений.

5. Проанализированы показатели центральной и периферической кардиогемодинамики у лошадей и КРС в условиях относительного покоя, с учётом возраста, породных особенностей, вегетативного гомеостаза и региональных особенностей. Установлена значительная роль вагусных рефлексов и вегетативных регуляций в обеспечении стабильности работы сердца. У различных пород лошадей и КРС отмечаются выраженные особенности по всем исследуемым гемодинамическим параметрам, что свидетельствует о значительном влиянии генетических факторов на функциональное состояние ССС и адаптационные возможности животных. Возрастные изменения гемодинамики проявляются в снижении сократительной способности миокарда, уменьшении объёмной и линейной скорости выброса, а также в увеличении ОПСС и снижении эластичности сосудов. С возрастом отмечается уменьшение СВ, МОК, УОК и СИ, что, следовательно, связано с урежением ЧСС и снижением потребления кислорода. Повышение расхода энергии сердцем на преодоление сосудистого сопротивления и увеличение давления в аорте свидетельствуют о снижении экономичности работы сердца у животных старшего возраста. Климатические условия региона оказывает значительное влияние на функционирование ССС у животных, наблюдался повышенный тонус сосудов и увеличение скорости распространения пульсовой волны, что свидетельствует о приспособительных реакциях организма. Установлен факт существенного различия в структуре гемодинамической реакции у исследуемых видов животных, особенности структуры миокарда и специфики нервной регуляции определяют своеобразие картины гемодинамики каждого вида. Старшие возрастные группы демонстрировали снижение эластичности крупных артерий и уменьшение способности поддерживать оптимальный объём циркулирующей крови, что создаёт предпосылки для увеличения рисков сердечно-сосудистых патологий.

6. Исследование с помощью цифровых технологий «Кардиовизор» подтвердил у лошадей и КРС ДК ЭКГ и получением «портретов сердца», позволяющих на более ранних стадиях развития выявить отклонения и оценить ФС сердца на основе электрических микроамплитудных колебаний микроальтернаций. Данные микроскопические флуктуации оказались информативными маркерами нестабильного состояния мембраны клеток миокарда, сигнализируя о возможных рисках аритмогенеза. Подтверждено, что макро- и микроклиматические условия существенно влияют на структуру ЭКГ сигнала. Особенность полярных регионов Республики Саха (Якутия) заключается в увеличении дисперсии интервалов QT и RR, что свидетельствует о повышенной возбудимости сердечной мышцы и снижении устойчивости к стрессу.

7. Комплексное изучение роли ЦНС, ВНС и ССС в процессах адаптации лошадей и КРС к различным экологическим условиям, позволило установить, что различия в климатических условиях формируют разные типы адаптационных реакций. Лошадям присущи более активные реакции СО ВНС на холодовую нагрузку, в то время как КРС демонстрирует гибкость регуляторных механизмов и склонность к длительной адаптации, что находит подтверждение в вариационной пульсометрии, ЭКГ, центральной и периферической гемодинамике и ЭАК. Установлено, что ведущей ролью в формировании адаптивных реакций играют процессы саморегуляции, осуществляемые преимущественно благодаря взаимодействию центральных структур ЦНС и периферических органов. Особенно важную роль играет интеграция функций ВНС и ССС. Местные породы обладают лучшими возможностями для приспособления к суровым климатическим условиям.

8. На основе комплексной оценки, установлена степень адаптации и ФС организма лошадей и КРС на основе интегрального ПАРС в природных условиях Рязанской области и Республике Саха (Якутия). Данный показатель позволил детально охарактеризовать состояние регулирующих механизмов и провести раннюю диагностику нарушений адаптации. Методом расчёта ПАРС установлена прямая связь между степенью адаптационного ресурса и производительностью животных – чем ниже данный показатель, тем выше устойчивость

организма к неблагоприятным факторам среды и его производительная работоспособность. ПАРС можно использовать при комплексной оценки степени адаптации и ФС организма. Он представляет собой эффективный инструмент для управления здоровья, благополучия и производительности сельскохозяйственных животных.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Результаты полученных данных могут служить поводом для коррекции объёмов и интенсивности тренировочных нагрузок в спортивном коневодстве, а также для выявления потенциала их работоспособности.

2. Полученные референтные значения ЭЭГ, вариационной пульсометрии, классической ЭКГ, гемодинамические и метода ДК ЭКГ могут быть использованы для оценки функционального состояния, адаптационных возможностей организма и текущего контроля за состоянием ССС лошадей и КРС с учётом природно-климатических зон.

3. Данные рекомендации и результаты исследований могут быть применены в клинической практике ветеринарного врача, а также при чтении лекций и проведении практических занятий для студентов биологических, ветеринарных и зооинженерных факультетов высших учебных заведений.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Для углублённого изучения электрофизиологических особенностей адаптации лошадей и КРС в различных природно-климатических зонах планируется реализация следующих направлений научных исследований:

1. Расширение географической зоны – проведение комплексных электрофизиологических исследований животных в различных природно-климатических зонах РФ, что позволит выявить специфику адаптационных реакций в зависимости от климатических, кормовых и экологических факторов.

2. Длительный мониторинг – планируется организация исследований с регулярной регистрацией электрофизиологических показателей у одних и тех же животных в течение нескольких лет для оценки динамики адаптационных процессов и выявления сезонных, возрастных и стресс-индуцированных изменений.

3. Комплексный подход – предполагается интеграция электрофизиологических данных с результатами гормональных, биохимических, иммунологических и генетических исследований, что позволит сформировать целостное представление о механизмах адаптации и выявить взаимосвязи между электрофизиологическими показателями.

4. Сравнительный анализ пород – провести углублённый сравнительный анализ породных особенностей электрофизиологической адаптации с учётом продуктивности и хозяйственного назначения животных, что создаст научную основу для селекционной работы и породного районирования.

5. Разработка практических рекомендаций – на основе полученных данных будут разработаны научно обоснованные рекомендации по содержанию, кормлению и селекции лошадей и КРС в различных природно-климатических условиях, а также предложены новые методы ранней диагностики нарушений адаптации и стрессовых состояний.

6. Внедрение цифровых технологий – планируется использование современных цифровых платформ для сбора, хранения и анализа больших массивов электрофизиологических данных, а также внедрение методов машинного обучения для прогнозирования адаптационных возможностей животных.

Реализация указанных направлений позволит не только углубить теоретические представления о механизмах электрофизиологической адаптации, но и внести существенный вклад в практическую ветеринарию, животноводство и селекцию, обеспечив научную базу для повышения устойчивости и продуктивности животных в условиях меняющихся климатических факторов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в журналах, рецензируемых ВАК по специальности 4.2.1. «Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология»

1. Емельянова, А. С. Динамика ВСР животных и ее корреляция с молочной продуктивностью и возрастом / А. С. Емельянова, **Е. Е. Степура**, Ю. П. Борычева, М. А. Герасимов, Д. С. Емельянов // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 129-134.
2. **Степура, Е. Е.** Анализ variability сердечного ритма у коров джерсейской породы с разным уровнем вегетативной регуляции / **Степура Е. Е.** // Генетика и разведение животных. 2021. № 1. С. 17-22.
3. Наумов, М. М. Электрофизиологические параметры variability сердечного ритма животных с разным вегетативным статусом / Наумов М. М., Емельянова А. С., **Степура Е. Е.**, Пахомов В. А. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 77-83.
4. Наумов, М. М. Электрофизиологические параметры variability сердечного ритма коров джерсейской породы / М. М. Наумов, **Е. Е. Степура**, В. А. Пахомов, И. И. Усачев., О. М. Швец // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 6. С. 97-103.
5. Наумов, М. М. Электрофизиологические параметры ВСР животных с разным вегетативным статусом / М.М. Наумов, **Е. Е. Степура**, Н. М. Наумов, А. А. Буржинский // Генетика и разведение животных. 2022. № 4. С. 143-147.
6. Ипполитова, Т. В. Влияние уровня молочной продуктивности на электрокардиографические показатели коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом / Т.В. Ипполитова, М. М. Наумов, **Е. Е. Степура** [и др.] // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2023. – Т. 255, № 3. – С. 186-191.
7. Ипполитова, Т. В. Динамика электрофизиологических показателей variability сердечного ритма коров / Т. В. Ипполитова, М. М. Наумов, **Е. Е. Степура** [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 2. – С. 421-429.
8. Ипполитова, Т. В. Динамика электрофизиологических показателей ВСР крупного рогатого скота / Т. В. Ипполитова, М. М. Наумов, **Е. Е. Степура** [и др.] // Генетика и разведение животных. – 2023. – № 1. – С. 45-51.
9. Ипполитова, Т. В. Индекс Макруза для оценки функционального состояния сердечной деятельности коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом / Т. В. Ипполитова, **Е. Е. Степура** // Генетика и разведение животных. – 2023. – № 2. – С. 107-113.
10. **Степура, Е. Е.** Электрофизиологические особенности биоэлектрической активности головного мозга лошадей / **Е. Е. Степура**, Т. В. Ипполитова // Генетика и разведение животных. – 2023. – № 4. – С. 113-119.
11. **Степура, Е. Е.** Оценка физиологических особенностей кардиогемодинамики лошадей методом объёмной компрессионной осциллометрии / **Е.Е. Степура** // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 1. – С. 310-317.
12. **Степура, Е. Е.** Электрофизиологические исследования выявления аритмии у спортивных лошадей / **Е. Е. Степура**, М. М. Наумов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 5. – С. 55-59.
13. **Степура, Е. Е.** Электрофизиологические индикаторы срыва адаптационных реакций у спортивных лошадей / **Е.Е. Степура**, М.М. Наумов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 5. – С. 77-83.
14. **Степура, Е. Е.** Физиологические особенности кардиогемодинамики коров джерсейской породы / **Е. Е. Степура**, Т. В. Ипполитова // Генетика и разведение животных. – 2024. – № 1. – С. 67-73.

15. **Степура, Е. Е.** Физиологические зависимости между показателями вариационной пульсометрии спортивных лошадей / **Е.Е. Степура, В. И. Федоров** // Генетика и разведение животных. – 2024. – № 3. – С. 142-149.

16. **Степура, Е. Е.** Электрофизиологические показатели сердечной деятельности лошадей якутской породы Республики Саха (Якутия) / **Е. Е. Степура, В. И. Федоров** // Генетика и разведение животных. – 2025. – № 3. – С. 82-90.

17. **Степура, Е. Е.** Применение метода дисперсионного картирования ЭКГ для оценки функциональных показателей сердечной деятельности у сельскохозяйственных животных / **Е. Е. Степура, В. И. Федоров** // Генетика и разведение животных. – 2025. – № 1. – С. 88-94.

18. **Степура, Е. Е.** Электрофизиологические показатели вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия) / **Е. Е. Степура, В. И. Федоров** // Дальневосточный аграрный вестник. – 2025. – Т. 19, № 2. – С. 72-82.

19. **Степура, Е. Е.** Функциональное состояние сердца якутского аборигенного крупного рогатого скота / **Е. Е. Степура** // Иппология и ветеринария. – 2025. – № 2(56). – С. 115-129.

20. **Степура, Е. Е.** Корреляционная ритмография в диагностике аритмии у коров / **Е. Е. Степура, В. И. Федоров, М. М. Наумов** // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 5. – С. 107-113.

21. **Степура, Е. Е.** Электрофизиологические предикторы срывов адаптационных реакций у крупного рогатого скота / **Е. Е. Степура, В. И. Федоров, М. М. Наумов** // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 2. – С. 121-125.

Статьи, опубликованные в изданиях, индексируемых международными базами данных, перечень которых определён в соответствии с рекомендациями ВАК

1. Наумов, М. М. Динамика хозяйственных характеристик коров джерсейской породы с разными типами вегетативной регуляции / **М. М. Наумов, А. С. Емельянова, Е. Е. Степура, Н. М. Наумов, Г. С. Походня, М. Р. Швецова, Э. А. Погосян** // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2020. № 2 (16). С. 86-99.

2. Наумов, М. М. Анализ показателей А.Я. Каплана ВСР коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом / **М. М. Наумов, Е. Е. Степура, Н. М. Наумов** // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1(53). – С. 130-136.

3. **Степура, Е. Е.** Анализ электрофизиологических параметров ВСР животных с разным вегетативным статусом / **Е. Е. Степура** // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. – 2022. – № 2(46). – С. 8-16.

4. Минина, Е. Н. Ремоделирование гетерогенности миокарда / **Е. Н. Минина, Е. Е. Степура** // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. – 2022. – № 4(48). – С. 24-40.

5. Ипполитова, Т. В. Анализ показателей зубцов Р, Т и интервала Р-Q коров джерсейской породы с разной молочной продуктивностью / **Т. В. Ипполитова, М. М. Наумов, Е. Е. Степура, Н. М. Наумов** // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. – 2023. – № 2(50). – С. 37-45.

6. **Степура, Е. Е.** Электрофизиологические показатели сердечной деятельности лошадей / **Е. Е. Степура** // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. – 2024. – № 4(56). – С. 57-70.

Монографии, подготовленные по результатам исследований:

Степура, Е. Е. Параметры электрокардиограммы коров джерсейской породы. ФГБОУ ВО РГАТУ, 2023. - 235 с. ISBN: 978-5-98660-416-9.

Международные научно-практические конференции

1. Емельянова, А. С. Инновационная методика определения индивидуальных параметров скорости молокоотдачи у коров с разным уровнем вегетативной регуляции / **А. С. Емельянова, Л.Г. Каширина, Е. Е. Степура** [и др.] // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы Международной научно-практической

конференции: в 2-х частях, Минск, 24–25 октября 2019 года. Том Часть 1. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2019. – С. 297-299.

2. **Степура, Е. Е.** Актуальность исследования вариационных пульсограмм в конном спорте / **Е. Е. Степура, Д. А. Дармограев** // Современные цифровые технологии в агропромышленном комплексе: Сборник материалов международной научной конференции. В трех томах, Смоленск, 30 апреля 2020 года. Том 1. – Смоленск: Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 202-205.

3. **Степура, Е. Е.** Вариабельность сердечного ритма и ее корреляция с молочной продуктивностью / **Е. Е. Степура, С. Д. Емельянов** // Современные цифровые технологии в агропромышленном комплексе: Сборник материалов международной научной конференции. В трех томах, Смоленск, 30 апреля 2020 года. Том 1. – Смоленск: Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 206-211.

Всероссийские научно-практические конференции

1. **Степура, Е. Е.** Взаимосвязь индекса напряжения с вегетативным показателем ритма коров джерсейской породы / **Е. Е. Степура, Е. А. Степура** // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 22 ноября 2018 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 259-263.

2. **Степура, Е. Е.** Анализ взаимосвязи индекса напряжения и частоты сердечных сокращений у животных / **Е. Е. Степура, Е. А. Степура** // Современные способы повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных, птиц и рыб: Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию зоотехнического факультета ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, Саратов, 13–15 мая 2020 года. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2020. – С. 128-131.

3. **Степура, Е. Е.** Актуальность исследования вариабельности сердечного ритма в спортивном коневодстве / **Е. Е. Степура** // Современные способы повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных, птиц и рыб : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию зоотехнического факультета ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, Саратов, 13–15 мая 2020 года. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2020. – С. 131-134.

4. **Емельянова, А. С.** Анализ взаимосвязи коэффициента монотонности с исходным вегетативным тонусом у животных / **А. С. Емельянова, Е. Е. Степура** // Рост и воспроизводство научных кадров в АПК : Сборник трудов по итогам Российской национальной научно-практической интернет-конференции для обучающихся и молодых ученых, Нижний Новгород, 19–20 декабря 2019 года. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВПО "Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия", 2020. – С. 297-300.

5. **Емельянова, А. С.** Анализ индекса напряжения регуляторных систем коров джерсейской породы / **А. С. Емельянова, Е. Е. Степура, Т. Н. Макарова** // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: Сборник V Всероссийской (национальной) научной конференции, Новосибирск, 18 декабря 2020 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2020. – С. 482-486.

Научное издание

Автореферат

СТЕПУРА ЕВГЕНИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ
ЛОШАДЕЙ И КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА РАЗНЫХ
ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
доктора биологических наук

Подписано в печать 17.06.2026 г.
Формат 60х90/16. Бумага писчая. Усл. печ. л. – 2,7.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
Дальневосточного государственного аграрного университета
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86