

На правах рукописи

СОРОКА

Виталий Александрович

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ЛОШАДЕЙ ПРИ
ПРИМЕНЕНИИ ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ АНЕСТЕТИКОВ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата ветеринарных наук

Санкт-Петербург – 2023

Работа выполнена на кафедре общей, частной и оперативной хирургии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

Научный руководитель – Нечаев Андрей Юрьевич,
доктор ветеринарных наук, доцент.

Официальные оппоненты: Гончарова Анна Витальевна,
доктор ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры ветеринарной хирургии ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»;

Базекин Георгий Вячеславович, доктор ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры морфологии, патологии, фармации и незаразных болезней ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет».

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина».

Защита состоится «14» сентября 2023 в 14.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.034.02 на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» по адресу: 196084, Санкт-Петербург, ул. Черниговская д.5, тел/факс 8(812) 388-36-31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» по адресу: 196084, Санкт-Петербург, ул. Черниговская д.5, и на официальном сайте <https://spbguvvm.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2023 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Хватов Виктор Александрович

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Внедрение достижений анестезиологии в ветеринарную медицину открывает новые возможности для диагностики заболеваний животных, их лечения и помощи в неотложных ситуациях.

Основной задачей современной ветеринарной анестезиологии является обеспечение безопасности животного на всех этапах хирургического лечения путём управления жизненно важными системами организма и восстановления его нарушенных функций. При общей анестезии у животных применяются наркотические и ненаркотические анальгетики, нейролептики, гипнотики, миорелаксанты, фармакологические средства, поддерживающие жизненно важные функции организма (Андреева Н. Л., 2001; Алиев А. А., Яшин А. В. и др., 2005). В настоящее время в ветеринарной практике широко используется тотальная внутривенная анестезия при помощи гипнотических препаратов, селективных агонистов $\alpha 2$ -адренорецепторов и диссоциативных анестетиков (Нечаев А. Ю., 2002; R. Bettschart-Wolfensberger, 2007, Rioja E. et al., 2012). Особенно активно данный метод применяется при проведении хирургических манипуляциях в полевых условиях, но по управляемости уступает ингаляционным анестетикам. Общая ингаляционная анестезия активно применяется у лошадей за рубежом, но лишь с недавнего времени входит в практику отечественной ветеринарии (Taylor P. M., Clarke K. W. 2007; Hubbell A. E. 2009; Полатайко О. Р., 2009, Стекольников А. А., Племяшов К. В. и др., 2017).

Внедрение новых средств и приёмов в работу ветеринарного врача позволит улучшить способы оперативного лечения животных. В современной ветеринарной анестезиологии характерна тенденция исследовать теоретические проблемы фармакокинетики и фармакодинамики анестетиков и состояние гомеостаза животных при общей анестезии (Семенов Б. С., 2000; Виденин В. Н. и др., 2019).

В данной работе исследовалась динамика новых фармакологических средств для общей анестезии и их влияние на работу органов дыхания и кровообращения, тем самым определялась устойчивость организма к анестетикам. В качестве лекарственных средств для общей анестезии использовались галогенсодержащие анестетики (фторотан, изофлуран, севофлуран). Для изучения их функционального влияния на дыхание и сердечную деятельность организма животного проводилась количественная оценка показателей кардиореспираторной системы у лошадей и определялась её устойчивость к воздействию анестетиков. Свойства этой системы и её функционирование у животных при общей анестезии являлись предметом научных исследований (Нечаев А. Ю., 1999; Стекольников А. А., Лукьяновский В. А., Тимофеев С. В. и др., 2004).

Одним из наиболее актуальных вопросов является поддержание показателей кардиореспираторной системы на уровне, обеспечивающем её устойчивое функционирование при воздействии общих анестетиков. Решение

проблемы сохранения устойчивости системы дыхания и кровообращения в условиях воздействия галогенсодержащих анестетиков определяет актуальность темы настоящей работы.

Степень разработанности темы. Вопрос изучения фармакодинамики и фармакокинетики общих анестетиков является предметом исследования многих научных центров. Анализ изменения показателей гомеостаза лошадей в сопоставлении с клиническими данными позволит определить эффективность деятельности кардиореспираторной системы в условиях воздействия ингаляционных анестетиков. В отечественной и в большей степени в зарубежной литературе имеются сообщения об изучении функционирования кардиореспираторной системы у разных лошадей при проведении общей анестезии (Стекольников А. А. и др., 1999; Нечаев А. Ю., Садоведов К. П., 2011; Bettschart-Wolfensberger R., 2019; Zoff A., 2019; Tokushige H., 2019; Stefanik E., 2021 et al.).

Однако вопросы сравнительной оценки функционального влияния галогенсодержащих анестетиков для поддержания адекватной деятельности дыхания и кровообращения у лошадей в полевых условиях остаются актуальными и недостаточно изучены. Таким образом, потребность исследования темы данной диссертации считается аргументированной как с теоретической, так и с практической точек зрения.

Цели и задачи исследований. Цель – изучить влияние применяемых в ветеринарной медицине ингаляционных анестетиков на количественные и качественные функциональные характеристики кардиореспираторной системы при оперативных вмешательствах в полевых условиях, а также разработать и научно обосновать комплекс клинко-инструментальных исследований для оценки функциональной устойчивости организма лошади при применении галогенсодержащих анестетиков. Для достижения поставленной цели в ходе исследования решались следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ показателей системы дыхания и кровообращения лошади под влиянием различных галогенсодержащих анестетиков в полевых условиях;

2. Определить характер возможных нарушений со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем на различных этапах проведения ингаляционной анестезии лошадей в условиях полевой хирургии;

3. Комплексно исследовать кардиореспираторную систему, обеспечивающую оксигенацию крови у лошадей с целью раннего выявления осложнений, связанных с проведением общей анестезии в полевых условиях;

4. Разработать доступные методы коррекции выявленных функциональных кардиореспираторных нарушений при общей анестезии у лошадей в условиях полевой хирургии;

5. Усовершенствовать методы проведения общей анестезии лошадей в полевых условиях с целью профилактики осложнений и обеспечения адекватности анестезиологического пособия.

Научная новизна работы. Впервые был разработан и применен комплекс клинико-инструментальных исследований для оценки функциональной устойчивости организма лошади при применении галогенсодержащих анестетиков в условиях полевой хирургии.

Проведенное исследование позволило получить данные для количественной и качественной оценки функций кардиореспираторной системы при оперативных вмешательствах с применением различных анестетиков на территории конюшни. Это дало возможность:

1. Усовершенствовать метод подачи ингаляционного анестетика лошади через дыхательную маску, что явилось предметом для получения Патента Российской Федерации на полезную модель № 202204 от 05.02.2021 г.;

2. Определить и оценить индивидуальное влияние каждого анестетика на кардиореспираторную систему, применяемого для общей анестезии у лошадей, с целью усовершенствования алгоритма проведения ингаляционной анестезии в условиях полевой хирургии;

3. Обосновать наиболее оптимальный и безопасный режим использования галогенсодержащих анестетиков для лошадей в полевых условиях.

Впервые был применён аппарат для проведения ингаляционной анестезии отечественного производства «Минивап-200» во время хирургических манипуляций у лошадей, позволяющий расширить возможности ветеринарного врача в условиях полевой хирургии.

Теоретическая и практическая значимость работы. Исследовано и проанализировано влияние отдельных галогенсодержащих анестетиков, что позволило выбрать наиболее эффективный метод для проведения общей анестезии у лошадей в полевых условиях.

Использование полученных данных в практике оперативного лечения позволяет выбрать наиболее безопасное анестезиологическое обеспечение и последующее восстановление лошади после операции. Сравнительный функциональный анализ полученных показателей позволяет индивидуально оценить качество здоровья животного и его работоспособность.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что впервые разработаны и апробированы методы эффективной анестезиологической защиты лошадей при оперативных вмешательствах в полевых условиях.

Применение предлагаемой полезной модели (Патент Российской Федерации № 202204 от 05.02.2021 г.) на практике позволяет выбрать наиболее перспективный метод общей анестезии для лошадей, что значительно улучшит состояние животного во время операции и его восстановление в послеоперационный период. Также подробно описан алгоритм проведения ингаляционной анестезии во время использования портативного аппарата «Минивап-200», который позволит расширить возможности ветеринарного врача в условиях полевой хирургии.

Методология и методы исследований. Методологической основой проведенного исследования является выявление причинно-следственных связей возникновения интраоперационных осложнений при подаче галогенсодержащего анестетика лошадям. Применен комплексный подход в диагностике нарушений работы кардиореспираторной системы.

В ходе проведения научной работы применялись общие методы клинического исследования лошадей (сбор анамнеза, осмотр в покое и интраоперационный мониторинг, физикальные методы исследований). В качестве дополнительных методов исследований кардиореспираторной системы использовали сертифицированное современное оборудование.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Оценка показателей функциональной устойчивости кардиореспираторной системы лошадей помогает предупредить и успешно произвести коррекцию различных видов нарушений внешнего дыхания и кровообращения и выбрать наиболее оптимальный протокол анестезии в полевых условиях.

2. Для своевременной диагностики и предупреждения возможных кардиореспираторных осложнений у лошадей наиболее информативен динамический контроль за показателями дыхания и кровообращения в условиях воздействия галогенсодержащих ингаляционных анестетиков.

3. Основные физиологические механизмы, обеспечивающие деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем, в большей степени угнетаются при анестезии фторотаном, чем при анестезии изофлураном и севофлураном.

4. Наиболее выраженные изменения показателей сердечной и дыхательной деятельности при применении галогенсодержащих анестетиков отмечаются в период введения в анестезию.

5. По мере углубления ингаляционной анестезии у лошадей на самостоятельном дыхании изменение показателей дыхательной системы и кровообращения наиболее тесно связано с насыщением гемоглобина кислородом и с напряжением углекислого газа в артериальной крови.

Степень достоверности и апробация научных результатов. Степень достоверности и апробация научных результатов. Результаты исследований получены на сертифицированном оборудовании с использованием современных методик сбора и отбора информации. Значимость критерия достоверности обрабатывался в парном критерии Стьюдента с поправкой Бонферрони с 95% доверительным интервалом при $p \leq 0,05$ в программе BIOSTAT. EXE.

Материалы работы использованы в учебном процессе на кафедре общей, частной и оперативной хирургии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», на кафедре хирургии, акушерства и патологии мелких животных ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана», на кафедре внутренних болезней и хирургии ФГБОУ ВО «Удмуртский

государственный аграрный университет». Результаты исследований с положительным эффектом применяются в ветеринарной клинике «Форсайд», специализирующейся по оперативному лечению болезней лошадей.

Основные положения исследований доложены и одобрены участниками международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию профессора Э. И. Веремея (Витебск, 2019), ежегодной международной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов ФГБОУ ВО СПбГУВМ (Санкт-Петербург, 2020, 2021), международной научной конференции «Актуальные вопросы ветеринарной патологии», посвященной 100-летию кафедры патологической физиологии ФГБОУ ВО СПбГУВМ (Санкт-Петербург, 2021). Результаты исследования были представлены во время проведения «Всероссийской молодежной конференции «Болезни лошади»» на базе КСК «Maxima» (Москва, 2020), «Евразийском ветеринарном конгрессе» на базе КСК «Maxima» (Москва, 2021) и на конференции в рамках международной конной выставки «Иппосфера» (Санкт-Петербург, 2021).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано шесть работ: в сборниках материалов всероссийских и международных конференций, центральных журналах и отдельных изданиях. Из них в рецензируемых научных изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, опубликованы – две работы (Актуальные вопросы ветеринарной биологии – одна; Международный вестник ветеринарии – одна); в региональной печати – три; зарегистрирован Патент РФ на полезную модель.

Объём и структура работы. Диссертация изложена на 101 странице компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, собственных исследований, обсуждения полученных результатов, заключения, практических рекомендаций, списка использованной литературы и приложений. Работа содержит 12 таблиц и 21 рисунок. Список литературы включает 147 источников, в том числе 81 иностранный.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1 Материалы, методы и место исследования

Сбор и обработка данных по представленной работе проводились в течение четырехлетнего периода (2019–2022 гг.). Предложенная и утверждённая Учёным Советом тема работы соответствовала проводимым на кафедре общей, частной и оперативной хирургии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» исследованиям по теме № 12 «Применение физических методов и анальгетиков в комплексном лечении животных с хирургической патологией».

В плане указанной тематики проведён сбор материалов по сравнительному анализу функционирования системы дыхания и

кровообращения лошади под влиянием галогенсодержащих анестетиков. Схема проведения исследований представлена на рисунке 1.

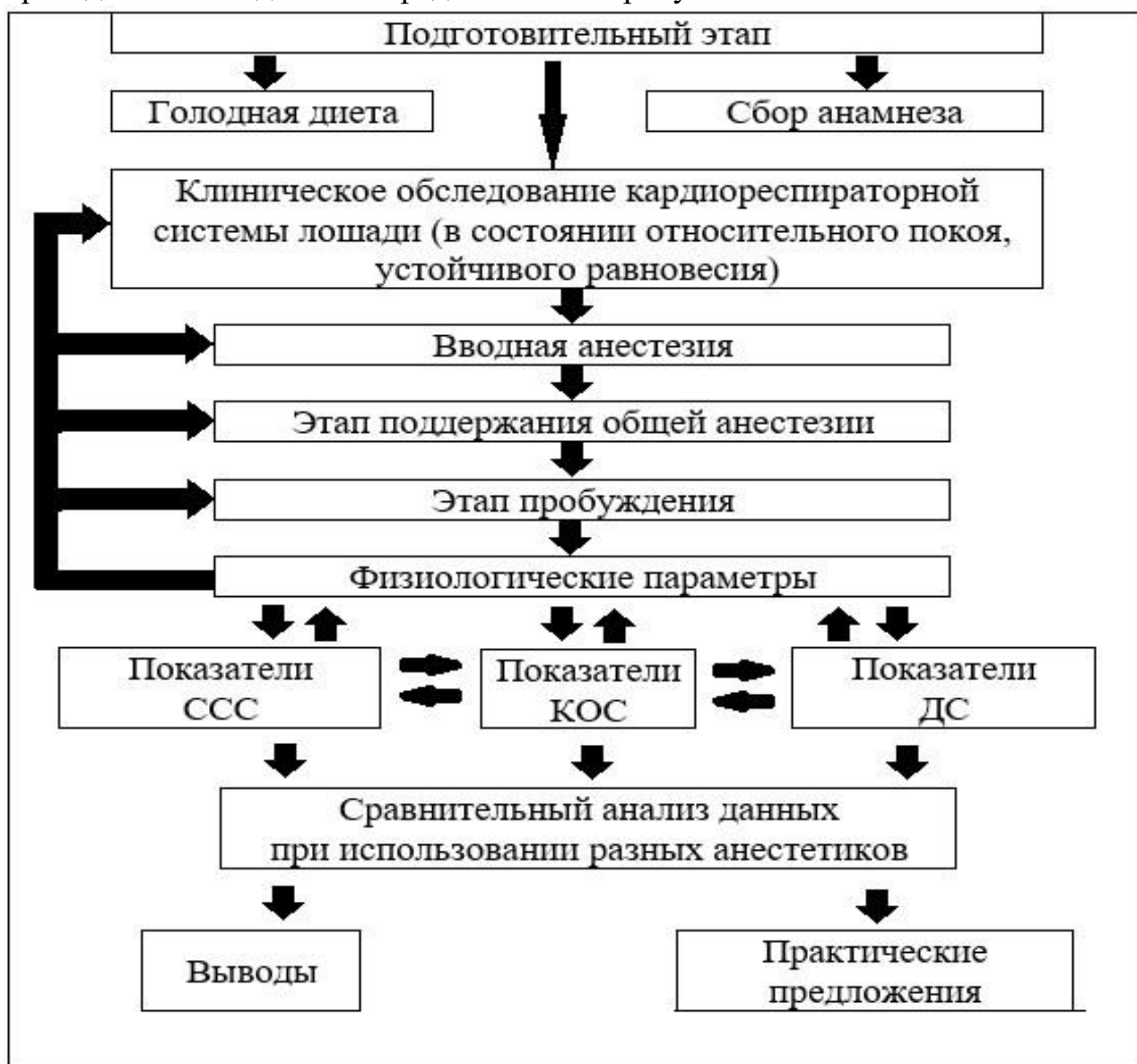


Рисунок 1 – Основные этапы исследования кардиореспираторной системы при применении галогенсодержащих анестетиков.

Для оценки степени влияния различных галогенсодержащих анестетиков на кардиореспираторную систему лошадей было исследовано 18 жеребцов в возрасте от двух до двенадцати лет массой от 200 до 350 кг без выявленных патологий сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем. Данные лошади относились к разным породным группам, содержались в разных условиях, большая часть из них несла верховые нагрузки. В зависимости от используемого анестетика все исследуемые животные были разделены на три группы: в I группе лошадей общая анестезия проводилась с использованием фторотана ($n = 6$), во II группе – с использованием изофлурана ($n = 6$) и в III группе – с использованием севофлурана ($n = 6$).

В таблице 1 представлены основные показатели, определяющие состояние кардиореспираторной системы при общей анестезии у лошадей.

Таблица 1 – Основные показатели, определяющие функциональное состояние кардиореспираторной системы при общей анестезии у лошадей

Вентиляция	Кислородный режим	Кровообращение
I. Количественная характеристика реакции		
Частота дыхания (f , мин ⁻¹)	Потребление кислорода (V_{O_2})	Частота сердечных сокращений (ЧСС) Скорость наполнения капилляров (СНК)
Объем дыхания (V_T)		
Минутный объем дыхания (V_E)		
Манометрический контроль на вдохе		
II. Показатели эффективности		
Отношение альвеолярной вентиляции к общей (V_A/V_E)	Вентиляционный эквивалент (EQ_{O_2})	Артериальное давление (АД)
Насыщение крови кислородом (SaO_2), газовый состав (PaO_2 , $PaCO_2$), рН крови		

На этапе премедикации всем животным внутривенно вводился нейролептик – ацепромазина малеат (дозировка 1 см³ на 100 кг) для снятия страха и снижения стрессовой реакции, также для снижения риска развития вегетативных расстройств, уменьшение опасности передозировки, потенцирования и создания благоприятного фона для действия галогенсодержащих анестетиков. После наступления необходимого седативного эффекта, производилась индукция в анестезию с применением дыхательной маски для лошадей, разработанной в процессе проведения исследований (Патент Российской Федерации № 202204).

После придания лошади латерального положения и достижения первого уровня хирургической стадии анестезии, устанавливали фиксатор челюстей и производили интубацию трахеи с последующим подключением к наркозному аппарату «Минивап 200». Производитель отмечает универсальность аппарата (способность работать с любыми галогенсодержащими анестетиками по всем

типам дыхательных контуров, с использованием сжатых газов кислородных концентраторов или атмосферным воздухом). В собранном виде масса устройства не превышает 5 кг. Также аппарат обладает безопасностью (работа прибора не прекращается при любом наклоне испарителя), способен производить адекватную подачу анестетика при изменении температуры и давления в окружающей среде. После окончания работы присутствует возможность изъять остатки анестетика из испарительной камеры прибора, что обеспечивает экологичность и экономичность данного устройства.

В таблице 2 представлены основные клинические симптомы гипоксемии и гиперкапнии при общей анестезии лошадей.

Таблица 2 – Основные клинические симптомы и лабораторные показатели гипоксемии и гиперкапнии при общей анестезии лошадей

Объект наблюдения и исследования	ГИПОКСЕМИЯ			ГИПЕРКАПНИЯ		
	умеренная	выраженная	тяжелая	умеренная	выраженная	тяжелая
Видимые слизистые оболочки	цианотичной окраски	выраженный цианоз	серые	окраска розовая в связи с периферической вазодилатацией	розовой окраски	Выраженная гиперемия
Мышечный тонус	незначительно повышен	повышен	Тетанический спазм, иногда судороги	повышен	мышечные подергивания	тетанический спазм, клонические судороги
Дыхание	учащено с удлин. выдохом	Нерегулярное учащено	редкое нерегулярное	учащено	урежение дыхания	угнетено
Пульс	тахикардия свыше 100	тахикардия аритмия	замедление вплоть до остановки, аритмия	тахикардия	«скачущий» аритмия	гипоксическая остановка сердца на фоне гиперкапнии
Артериальное давление	незначительно повышено	незначительно понижено	сосудистый коллапс	легкая гипертензия	повышено	падает
Насыщение крови O ₂	80% и ниже	70% и ниже	60% и ниже	нормальное	снижается до 80%	ниже 80%
PaO ₂ мм.рт.ст.	75 – 65	64 – 50	менее 50	76 – 90		
PaCO ₂ мм.рт.ст.	35 – 45			46 – 50	51 – 60	более 60

Во время проведения общей анестезии регистрировались показатели внешнего дыхания: частота дыхания, дыхательный объём (V_T), минутная вентиляция или МОД-минутный объём дыхания (V_E), эффективность вентиляции (отношение альвеолярной вентиляции к минутной (V_A/V_E), вентиляционный эквивалент по кислороду (EQO_2). Данные исследования позволяли получать количественную и качественную оценку дыхания у лошадей. Изучение показателей проводилось в состоянии покоя и во время анестезии под воздействием галогенсодержащих анестетиков. Строгий контроль за динамикой изменений, происходящих в организме животного, позволял производить своевременную коррекцию нарушений газообмена во время проведения общей анестезии.

Для оценки влияния анестетиков на сердечно-сосудистую систему лошади исследовались следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС), скорость наполнения капилляров (СНК), артериальное давление (АД), уровень насыщения гемоглобина кислородом (SaO_2).

Также были включены дополнительные клинические показатели, позволяющие выявить признаки гипоксемии и гиперкапнии. Способность легочного газообмена обеспечить артериализацию крови в легких определялась регистрацией показателей газового состава крови: величина напряжения кислорода (PaO_2) и углекислого газа ($PaCO_2$), pH крови.

2.2 Результаты собственных исследований

2.2.1 Влияние галогенсодержащих анестетиков на работу системы дыхания

Исходные показатели внешнего дыхания у животных во всех группах перед проведением анестезии были в пределах нормы.

Обобщая полученные результаты по исследованию функции внешнего дыхания лошадей в условиях применения галогенсодержащих анестетиков, можно утверждать, что наиболее достоверные изменения исследуемых показателей происходили на начальных стадиях анестезии фторотаном, которые связаны с увеличением концентрации анестетика в крови на раннем этапе. Так в период введения в анестезию на 5-й минуте наблюдалось достоверное снижение дыхательного объёма (V_T) на 29,1%, а в период поддержания, продолжая снижаться и достигнув максимального снижения к 15-й минуте поддержания фторотановой анестезии – 37,5% от исходных данных. Одновременно при применении фторотана происходило достоверное увеличение частоты дыхательных движений в период введения на 34,4%, а в период поддержания частота дыхания продолжала нарастать, и на 15-й минуте была вдвое больше по сравнению с исходным значением. В период пробуждения наблюдалась тенденция к увеличению дыхательного объёма и уменьшению количеству дыхательных движений, которые стремились к дооперационным значениям.

На рисунках 2, 3 представлены данные, полученные в ходе эксперимента.

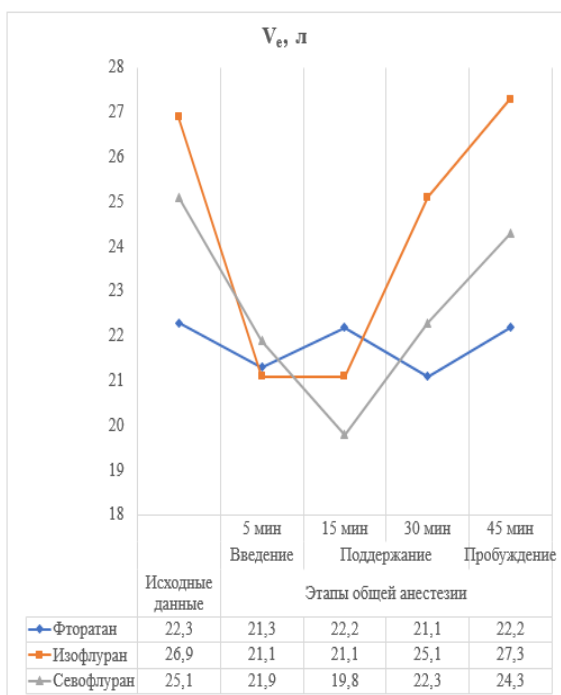


Рисунок 2 – минутная вентиляция лёгких.

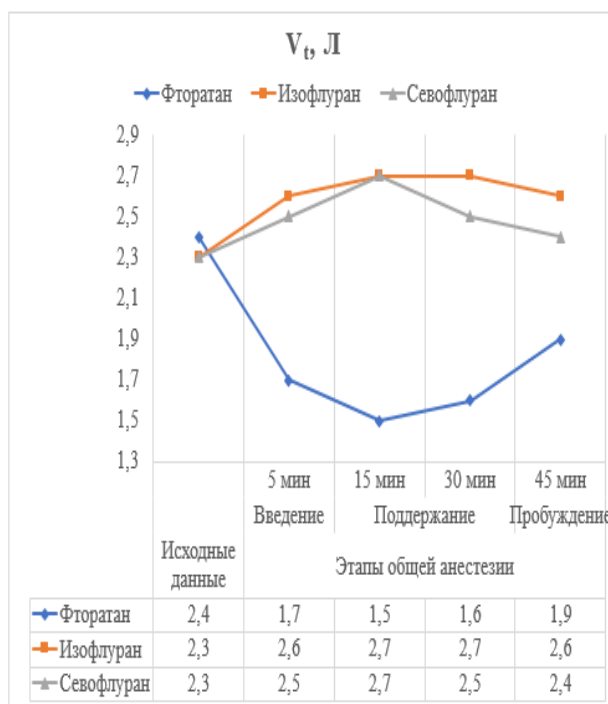


Рисунок 3 – дыхательный объем.

Анализируя показатель минутной вентиляции V_E , можно утверждать, что при анестезии фторотаном данный показатель практически не менялся относительно исходных значений. Значимое падение уровня вентиляции по сравнению с исходным значением ($26,9 \pm 0,9$ л.) отмечалось при применении изофлурана на этапе введения в анестезию и составляло $21,1 \pm 1,1$ л. Достоверного снижения – $22,1\%$ от фонового значения величина V_E достигала при применении севофлурана на 15-й минуте поддержания анестезии за счёт выраженного урежения частоты дыхания и незначительного возрастания объема дыхания (V_T).

На рисунках 4, 5 представлены данные, полученные в ходе эксперимента.

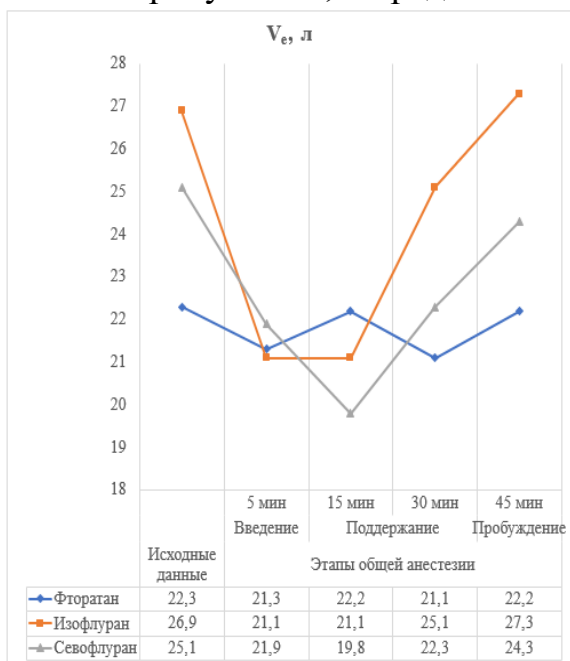


Рисунок 4 – минутная вентиляция лёгких.

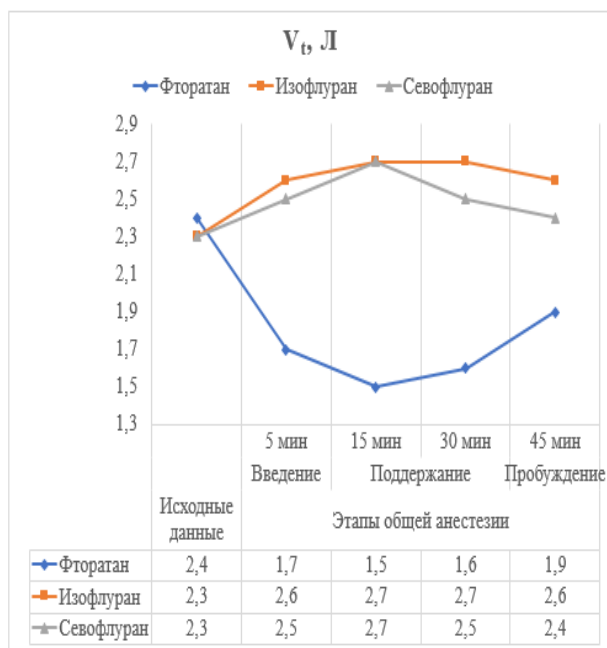


Рисунок 5 – дыхательный объем.

Газообменная эффективность оценивалась показателем V_A/V_E . Анализ данных свидетельствует о его достоверном снижении при применении галогенсодержащих анестетиков в период введения и поддержания анестезии. При применении севофлурана величина эффективности альвеолярной вентиляции у лошадей уменьшалась меньше в сравнении с группами, в которых применялся изофлуран и фторотан. При применении последнего величина V_A/V_E снижалась наиболее значительно и оставалась достоверно ниже исходного уровня даже в период пробуждения. Следует отметить, что у исследуемых лошадей при анестезии изофлураном и севофлураном на этапе пробуждения наблюдалась более выраженная тенденция возвращения показателя V_A/V_E к исходным значениям, чем при фторотановой анестезии.

На рисунках 6, 7 представлены данные, полученные в ходе эксперимента.

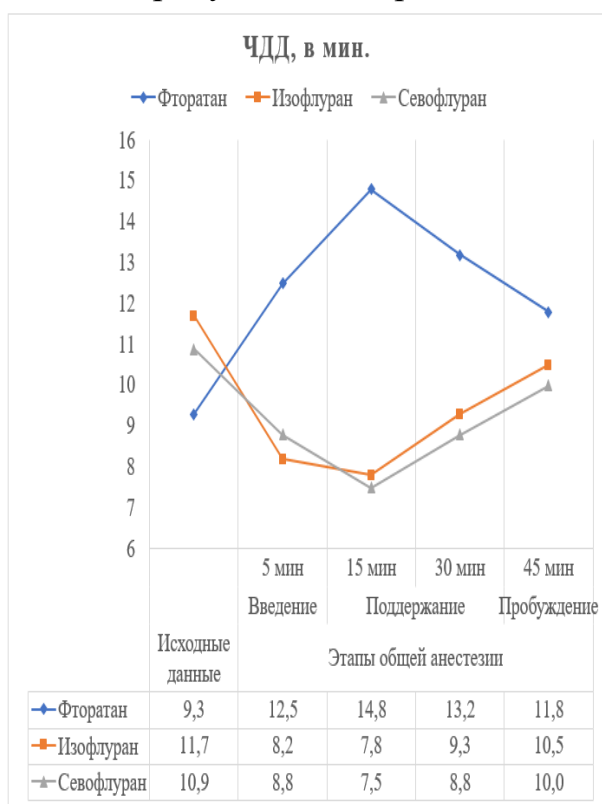


Рисунок 6 – частота дыхания.

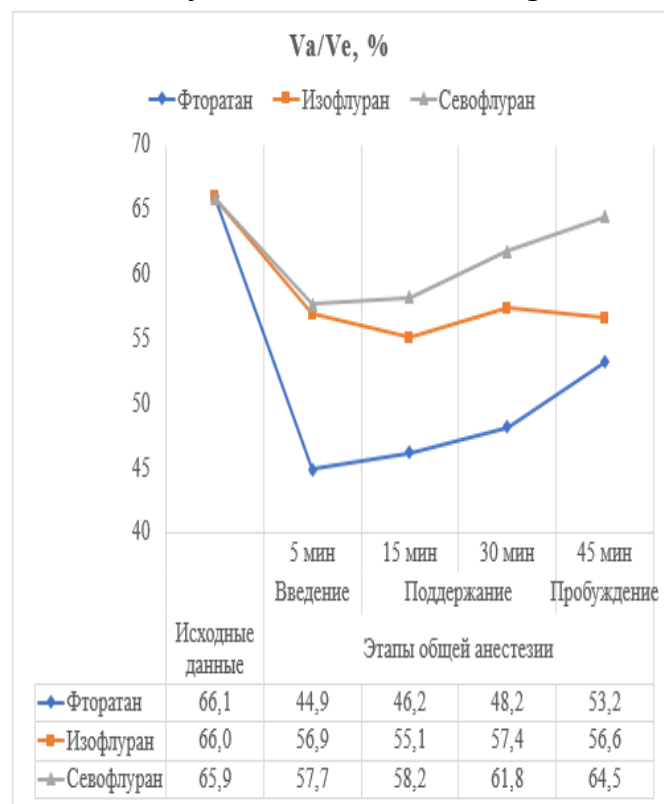


Рисунок 7 – вентиляционная эффективность.

Анализ динамики вентиляционного эквивалента по кислороду (EQO_2) не выявил достоверных изменений этой величины во всех группах исследуемых животных. Он показал незначительное увеличение EQO_2 – в среднем на 12,0% при применении фторотана, ещё в меньшей степени – в среднем на 4,2% при ингаляционной анестезии изофлураном, а при использовании севофлурана на всем протяжении общей анестезии эта величина практически не менялась.

На рисунке 8 представлены данные, полученные в ходе эксперимента.

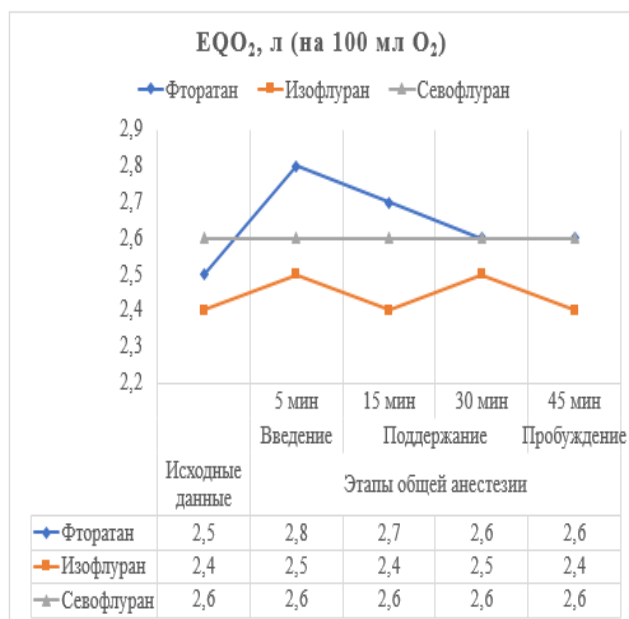


Рисунок 8 – вентиляционный эквивалент.

2.2.2 Динамика показателей кровообращения при применении галогенсодержащих анестетиков

Одним из наиболее доступных для определения показателей, характеризующих способность системы кровообращения доставлять кислород в условиях применения галогенсодержащих анестетиков, является частота сердечных сокращений. Одним из наиболее информативных во время проведения общей анестезии и доступных для определения показателей является артериальное давление, необходимое для поддержания адекватного кровообращения и для предотвращения у лошади постнаркозной миопатии после применения галогенсодержащих анестетиков. Результаты проведенных исследований представлены на рисунках 8, 9.

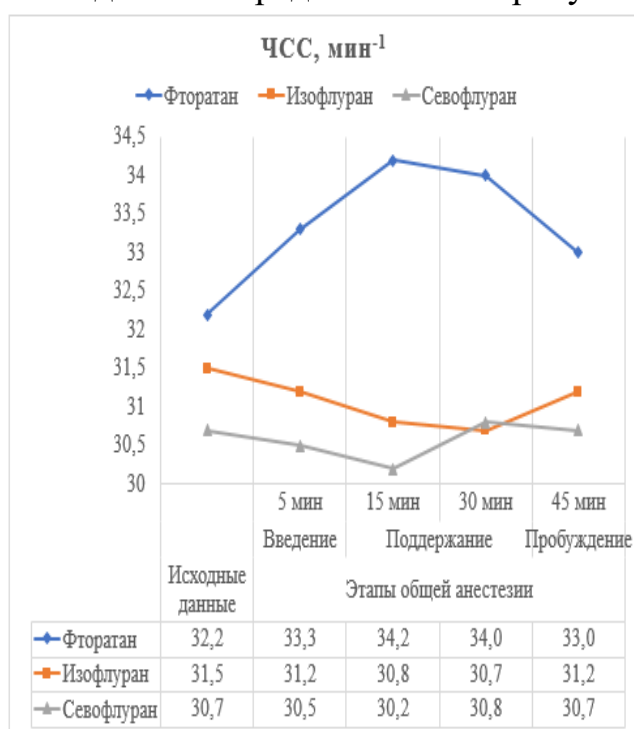


Рисунок 9 – частота сердечных сокращений.

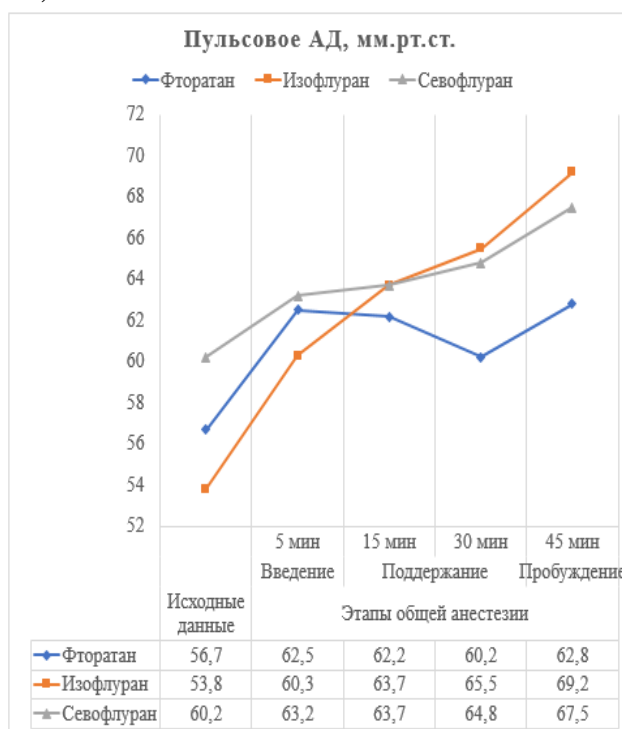


Рисунок 10 – пульсовое АД.

Анализируя достоверных изменений частоты сердечных сокращений при применении галогенсодержащих лошадей в наших наблюдениях выявлено, не было. Значения ЧСС были почти одинаковыми без каких-либо изменений во времени, что позволяет предположить, что хронотропные эффекты фторотана, изофлурана и севофлурана были почти одинаковыми. Однако, другой показатель – пульсовое давление, отражающий функциональную способность сердца, подвергался под воздействием изучаемых анестетиков значительным изменениям.

Наибольшее увеличение пульсового давления отмечалось во второй группе исследуемых лошадей при анестезии изофлураном. В данной группе повышение этого показателя было достоверно значимым на всех этапах анестезии и продолжало увеличиваться в период пробуждения, достигнув максимального значения $69,2 \pm 1,2$ мм.рт.ст., что на 28,6% выше исходного уровня. В первой группе пульсовое давление достоверно повышалось на этапе введения на 5-й минуте анестезии фторотаном, на 30-й минуте поддержания наркоза и при пробуждении животного достигло уровня на 10,8% выше исходного. В третьей группе, как и во второй максимальное достоверно значимое повышение пульсового давления отмечалось в период пробуждения, что объясняется более быстрым выходом лошади из наркоза при применении севофлурана, чем при использовании фторотана и изофлурана.

Определялась также скорость наполнения капилляров (СНК), но оценка этого показателя носит субъективный характер и на протяжении всех проводимых исследований значимых изменений СНК не выявлено.

2.2.3 Показатели оксигенации, газового состава крови и гомеостаза (рН крови) лошади при применении галогенсодержащих анестетиков

Устойчивое функционирование дыхательной системы обеспечивает газообмен и артериализацию крови в легких, которая состоит из процессов оксигенации (насыщения) крови кислородом и освобождения её от избытка углекислоты.

Анализ динамики насыщения крови кислородом (SaO_2) у всех объектов исследования показал, что наиболее значительные достоверные изменения этой величины в сторону уменьшения отмечались в период введения в анестезию. При этом в первой группе максимальное снижение на 8,9% отмечалось на 15-й минуте поддержания анестезии фторотаном и оставалось на достоверно низком уровне вплоть до периода пробуждения. На 45-й минуте пробуждения после прекращения подачи фторотана и увеличения подачи кислорода величина SaO_2 стала повышаться и практически вернулась к исходному значению, что свидетельствует о необходимости дополнительной оксигенации лошади при анестезии фторотаном.

Результаты изучения напряжения кислорода в артериальной крови (PaO_2) показали выраженное снижение его уровня на всех этапах анестезии фторотаном в первой группе исследуемых животных. При этом PaO_2 был значительно ниже, чем в остальных группах вплоть до периода пробуждения.

При анестезии изофлураном и севофлураном различия в показателе PaO_2 были незначительны, и он восстановился в обеих группах до исходных значений к 45-й минуте периода пробуждения.

Результаты исследования насыщения артериальной крови кислородом показал, что наибольшему снижению насыщения крови кислородом (SaO_2) соответствовал наиболее низкий уровень PaO_2 . Такая зависимость была особенно выражена при ингаляционной анестезии фторотаном. Наиболее достоверное снижение уровня оксигенации крови отмечалось в период введения и в первые 15 минут поддержания наркоза и темпы восстановления показателей к исходному уровню при использовании изофлурана и севофлурана были быстрее, чем при фторотановой анестезии, при которой в ряде случаев имела место умеренная гипоксемия. Своевременное выявление признаков умеренной гипоксемии позволило избежать дальнейшего её развития.

На рисунках 11, 12 представлены данные, полученные в ходе эксперимента.

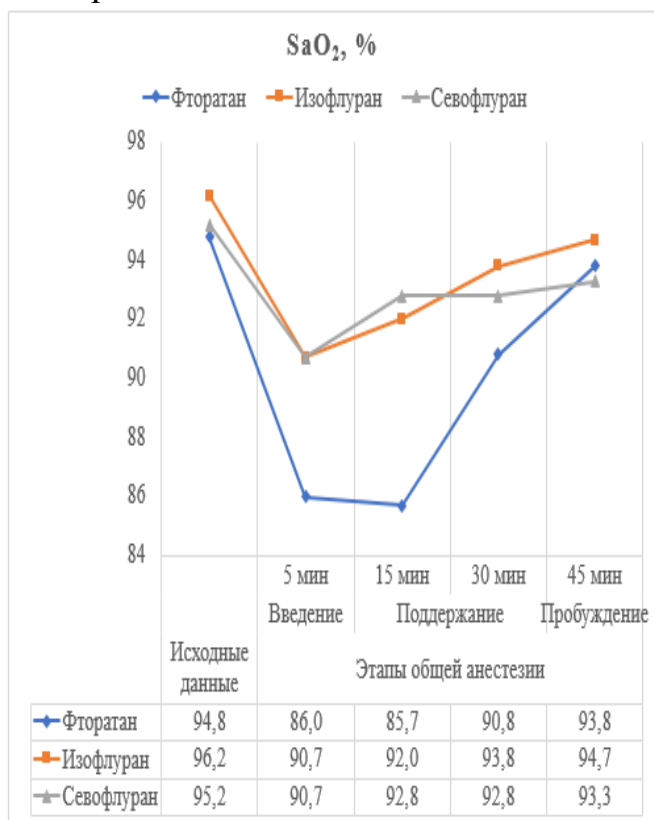


Рисунок 11 – насыщение артериальной крови O_2 крови.

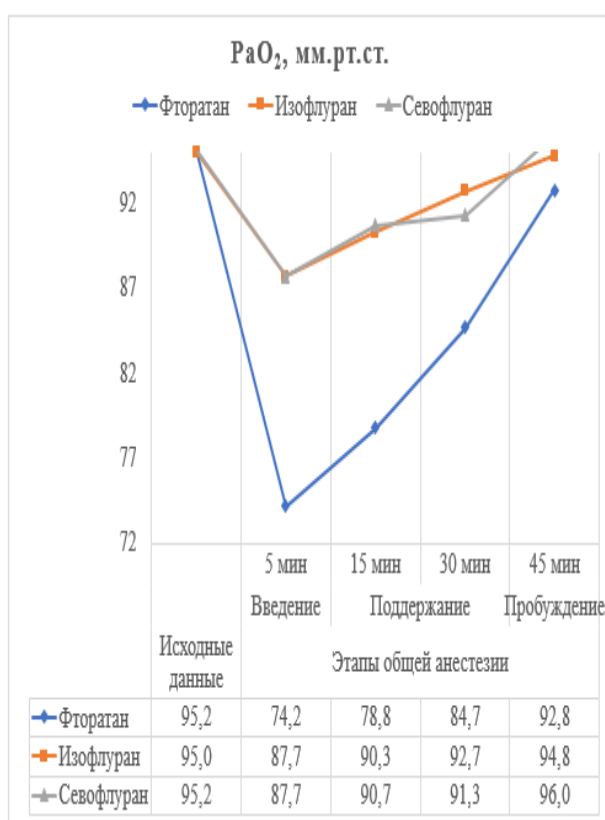


Рисунок 12 – напряжение O_2 в артериальной крови.

Анализ динамики показателя напряжения углекислого газа в артериальной крови ($PaCO_2$) в ходе применения галогенсодержащих анестетиков у лошадей выявил при анестезии фторотаном достоверное увеличение напряжения углекислого газа в артериальной крови до $64,7 \pm 1,6$ мм.рт.ст., что на 41,3% выше исходного уровня. Это привело к развитию выраженной гиперкапнии у большинства животных первой группы. При анестезии изофлураном показатель $PaCO_2$ был относительно стабилен и его

достоверных отличий показателя от исходного уровня выявлено не было. В третьей группе лошадей увеличение $PaCO_2$ было незначительным в период введения, а начиная с периода поддержания анестезии было достоверным по сравнению с исходными показателями, что свидетельствовало о развитии умеренной гиперкапнии на 30й минуте анестезии севофлураном. В период пробуждения по прекращении подачи анестетика показатель $PaCO_2$ постепенно снижался и составил $54,2 \pm 1,4$ мм.рт.ст., что достоверно ниже, чем при анестезии фторотаном у первой группы лошадей.

На рисунках 13, 14 представлены данные, полученные в ходе эксперимента.

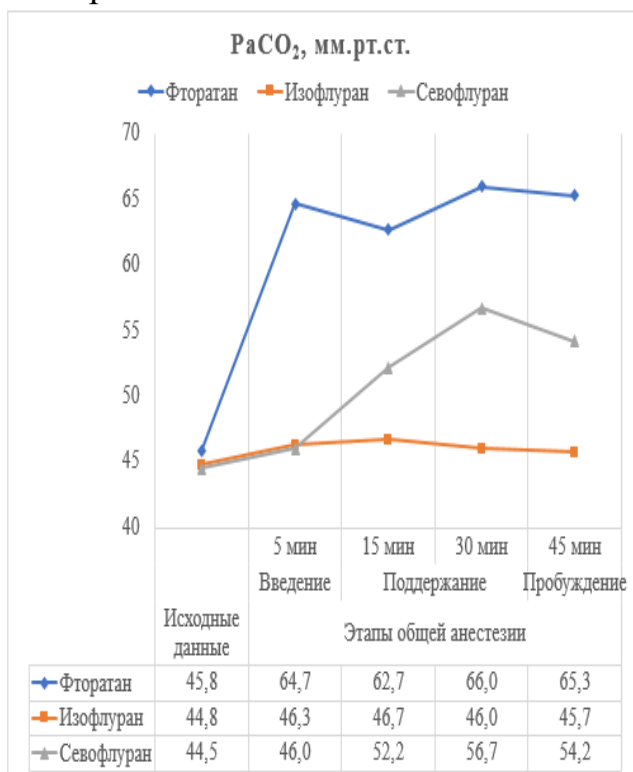


Рисунок 13 – напряжение CO_2 в артериальной крови.

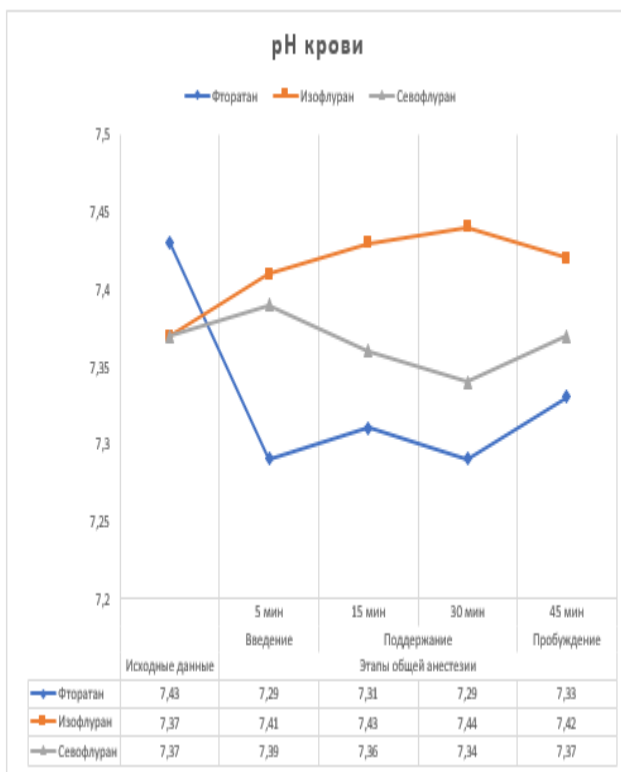


Рисунок 14 – кислотность крови.

Гиперкапния, имевшая место при анестезии фторотаном, привела к достоверному уменьшению pH крови до $7,29 \pm 0,04$, то есть смещение в кислую сторону наблюдалось у лошадей первой группы при анестезии фторотаном на этапе индукции и поддержания наркоза. При анестезии изофлураном и севофлураном наблюдалась лишь тенденция к сдвигу pH крови в кислую сторону до $7,34 \pm 0,01$ на 30-й минуте поддержания наркоза за счет увеличения дыхательного компонента. В остальные периоды наркоза существенных сдвигов pH крови при применении галогенсодержащих анестетиков не наблюдалось. В период пробуждения величина pH крови в третьей группе возвращалась к исходному уровню быстрее, чем при анестезии фторотаном.

Проанализировав полученные результаты, можно утверждать, что фторотан в ряде случаев негативно влияет на функционирование кардиореспираторной системы лошадей. Наличие умеренной гипоксемии на этапе пробуждения у некоторых лошадей при анестезии фторотаном требовало

коррекции газообмена путем проведения ингаляции кислородом. Это обеспечивало стабильность показателей газового состава и КОС крови лошадей во время пробуждения и восстановления. Опыт проведения коррекции нарушений газообмена путём вспомогательной вентиляции лёгких у лошадей позволяет рекомендовать для этой цели легко изготавливаемую разработанную нами дыхательную маску (Патент Российской Федерации № 202204). В исследованиях Т. Yamanaka et. al. (2001) также описывается метод коррекции газообмена при помощи дыхательной маски.

2.2.4 Сравнительный функциональный анализ показателей восстановления лошади после применения галогенсодержащих анестетиков

При определении функциональной устойчивости кардиореспираторной системы лошадей к воздействию галогенсодержащих анестетиков важно учитывать время восстановления, то есть возврат выбранных количественных и качественных показателей дыхания и кровообращения к исходному уровню. На рисунке 4 представлен график среднего время пробуждения лошадей разных групп. Ввиду физиологических особенностей лошади, важность приобретает время от момента прекращения подачи ингаляционного анестетика до подъема животного и способности удерживать себя самостоятельно в естественном положении стоя.

Полученные величины, определявшие время, затраченное на пробуждение лошади до возврата в естественное физиологическое положение, позволяли проводить сравнительные функциональные исследования по восстановлению способности лошадей всех трех исследуемых групп удерживать себя в положении стоя. Средние величины времени, затраченного на подъем лошади и уверенное удержание себя в пространстве, после проведенной общей анестезии, у животных I группы – $43,0 \pm 3,9$ минуты, во II группе – $29,0 \pm 2,3$ минут и в III группе – $24,0 \pm 1,8$ минуты. Существенных различий в средних величинах II и III группами выявлено не было. На рисунке 15 наглядно представлено среднее время пробуждения каждой группы животных.

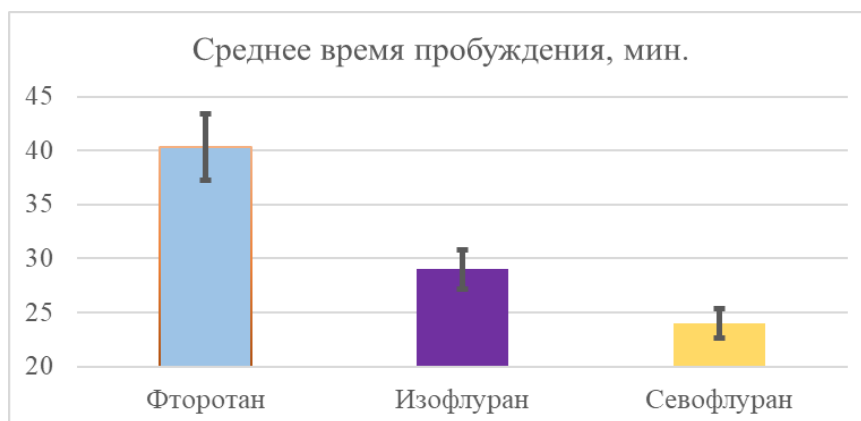


Рисунок 15 – Среднее время от момента прекращения подачи ингаляционного анестетика до подъема животного в исследуемых группах.

Анализируя время, затраченное на восстановление лошадей после прекращения подачи ингаляционного анестетика, следует отметить, что самым долгим выход из наркоза был у группы лошадей, которые получали фторотан. Самое быстрое восстановление наблюдалось у группы лошадей, которым применялся севофлуран.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного объёма работы мы пришли к следующим выводам:

1. Предложенное комплексное клинико-инструментальное исследование позволяет адекватно оценить функциональную устойчивость организма лошади при применении галогенсодержащих анестетиков в условиях полевой хирургии.

2. Функциональное состояние показателей кровообращения отражалось достоверным увеличением пульсового давления во второй группе исследуемых лошадей на всех этапах анестезии изофлураном, достигнув максимального значения $69,2 \pm 1,17$ мм.рт.ст. в период пробуждения, что на 28,6% выше исходного уровня. Частота сердечных сокращений во всех группах значимых изменений во время анестезии не претерпевала, что позволяет утверждать, что хронотропные эффекты при применении галогенсодержащих анестетиков были почти одинаковыми вне клинических условий.

3. Динамический характер исследования на всех этапах общей ингаляционной анестезии позволил оценить степень воздействия каждого анестетика на функциональное состояние легочного газообмена в полевых условиях. На этапе введения в наркоз во всех группах лошадей наблюдалось достоверное уменьшение напряжения кислорода в артериальной крови. Падение P_{aO_2} до $74,1 \pm 1,47$ мм.рт.ст. в первой группе было наиболее значимым в сравнении с исходным уровнем $95,2 \pm 1,47$ мм.рт.ст. и составило -22,0%, что указывало на развитие умеренной гипоксемии при анестезии фторотаном вследствие ухудшения альвеолярной вентиляции и снижения оксигенации.

4. Анализ динамики показателя напряжения углекислого газа в артериальной крови (P_{aCO_2}) при применении галогенсодержащих анестетиков в условиях полевой хирургии у лошадей выявил при анестезии фторотаном достоверное увеличение P_{aCO_2} до $64,7 \pm 1,63$ мм.рт.ст., что на 41,3% выше исходного уровня. Имевшая при этом место выраженная гиперкапния привела к достоверному уменьшению рН крови до $7,29 \pm 0,04$, то есть к дыхательному ацидозу при анестезии фторотаном на этапе индукции и поддержания наркоза. При анестезии изофлураном и севофлураном имелась лишь тенденция к сдвигу рН крови в кислую сторону до $7,34 \pm 0,01$ на 30-й минуте поддержания наркоза за счет увеличения дыхательного компонента.

5. Своевременное выявление признаков гипоксемии и гиперкапнии у лошадей и коррекция газообмена при помощи предложенной модификации дыхательной маски, которая позволяет адресно доставлять кислород к верхним дыхательным путям пациента на разных этапах общей анестезии, что позволяет

профилактировать развитие осложнений или производить коррекцию при их наступлении. Такой подход обеспечивает функциональную устойчивость кардиореспираторной системы при применении различных галогенсодержащих анестетиков.

6. Предложенный метод подачи ингаляционного анестетика лошади через разработанную в процессе выполнения исследований дыхательную маску, что явилось предметом для получения патента на полезную модель (Патент РФ № 202204), обеспечивает высокую степень безопасности при проведении общей анестезии у лошадей.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В ходе проведенных исследований разработана полезная модель – дыхательная маска для лошадей (Патент Российской Федерации № 202204), которая на практике позволит выбрать наиболее перспективный метод общей анестезии для лошадей, что значительно улучшит состояние животного во время операции и его восстановление в послеоперационный период.

2. Предложенная схема коррекции нарушений легочного газообмена при помощи дыхательной маски показала высокую эффективность и может быть рекомендована для включения в протокол проведения общей анестезии лошадей.

3. Впервые в работе был использован для лошадей портативный наркозный аппарат отечественного производства Минивап-200. В ходе исследования аппарат показал способность обеспечивать на выходе точную концентрацию ингаляционного анестетика, высокую надёжность и мобильность. Его применение расширит возможности оказания хирургической помощи лошадям в полевых условиях.

РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Ветеринарная анестезиология постоянно развивается и совершенствуется. Необходим поиск более безопасных методик проведения общей анестезии у лошадей, особенно в полевых условиях. Смежной темой для исследования является оценка функциональной устойчивости организма лошадей с выявленными патологиями сердечно-сосудистой и дыхательных систем при использовании внутривенных и ингаляционных анестетиков. Также актуальным вопросом является методика проведения анестезии у лошадей крупных пород.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АД – артериальное давление
В/в – внутривенно
ДК – дыхательный контур
ДС – дыхательная система

МОД – минутный объём дыхания
КОС – кислотно-основное состояние
СНК – скорость наполнения капилляров
ССС – сердечнососудистая система
ЧДД – частота дыхательных движений
ЧСС – частота сердечных сокращений
EQO₂ – вентиляционный эквивалент
рН крови – кислотность крови
PaCO₂ – напряжение углекислого газа крови
PaO₂ – напряжение кислорода крови
SaO₂% – насыщение крови кислородом
V_A/V_E – эффективность вентиляции
V_T – дыхательный объём
V_E – минутный объём дыхания

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в рецензируемых научных журналах согласно перечню ВАК Российской Федерации

1. Сорока, В. А. Особенности проведения общей анестезии жеребят / В. А. Сорока, А. И. Карклин, О. В. Балашова, А. Л. Смелкова // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – № 1. – С.359-366.
2. Сорока, В. А. Предупреждение и коррекция нарушений газообмена при общей анестезии лошадей / В. А. Сорока, А. Ю. Нечаев // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2021. – № 2. – С. 40-43.

Основные публикации в журналах, сборниках и материалах конференций

3. К выбору адекватного анестезиологического пособия при диагностических, лечебных и оперативных вмешательствах у лошадей / А. Ю. Нечаев, В. А. Сорока, Б. С. Семенов [и др.] // Актуальные вопросы и пути их решения в ветеринарной хирургии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения проф. Э. И. Веремея. – Витебск, 2019. – С. 75-76.
4. Нечаев, А. Ю. Патогенетические основы гипоксемии при общей анестезии лошадей / А. Ю. Нечаев, В. А. Сорока, А. Е. Белопольский // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. - 2021. - № 3. - С. 67-70.
5. Сорока, В. А. Оценка функциональной устойчивости респираторной системы лошадей при применении галогенсодержащих анестетиков / В. А. Сорока, А. Ю. Нечаев // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ. – Санкт-Петербург, 2021. – С. 97-99.

Патент

6. Дыхательная маска для лошадей: пат. на полезную модель № 202204 Рос. Федерация: МПК: А61D 7/04 // А. Ю. Нечаев, К. В. Племяшов, О. В.

Романова, О. В. Балашова, В. А. Сорока / заявитель и патентообладатель
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной
медицины. – № 2020123662, заяв. 10.07.2020., – опубл. 05.02.2021. – Бюл. – №
20. – 11с.