

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной  
медицины»

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

Диссертация

на соискание учёной степени кандидата ветеринарных наук

Научный руководитель -  
доктор ветеринарных наук, доцент  
Нечаев Андрей Юрьевич

Санкт-Петербург - 2023

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1 Анестезиологическое обеспечение у лошадей и контроль адекватности его проведения.....	11
1.1.1 Принципы анестезиологического обеспечения.....	11
1.1.2 Мониторинг биологических параметров функциональных систем организма животного.....	13
1.2 Галогенсодержащие препараты как анестетики.....	16
1.2.1 Особенности технической и фармакологической реализации.....	16
1.2.2 Виды дыхательного контура и уровни общей анестезии.....	23
1.3 Галогенсодержащие анестетики как раздражающие факторы кардиореспираторной системы лошадей.....	27
1.3.1 Критерии оценки функциональной недостаточности дыхания и кровообращения.....	27
1.3.2 Пробуждение и коррекция функциональных нарушения в период пробуждения у лошадей.....	29
2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	31
2.1 Материалы, методы и место исследования.....	31
2.1.1 Объекты исследования и их характеристика.....	32
2.1.2 Методы комплексного функционального исследования при проведении общей анестезии лошадей.....	33
2.2. Результаты собственных исследований.....	41
2.2.1 Влияние галогенсодержащих анестетиков на работу системы дыхания.....	42
2.2.2 Динамика показателей кровообращения при применении галогенсодержащих анестетиков.....	51
2.2.3 Показатели оксигенации, газового состава крови и гомеостаза (рН крови) лошади при применении галогенсодержащих анестетиков.....	55

2.2.4 Сравнительный функциональный анализ показателей восстановления лошади после применения галогенсодержащих анестетиков.....	63
3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
3.1 Обсуждение полученных результатов.....	67
3.2 Выводы.....	76
3.3 Практические предложения.....	77
3.4 Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.....	78
3.5 Список сокращений.....	79
4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	80
5. ПРИЛОЖЕНИЯ.....	97

## ВВЕДЕНИЕ

### **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 клинично-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 клинично-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) 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 обрабатывалась 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.

## 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Анестезиологическое обеспечение лошадей и контроль адекватности его проведения

#### 1.1.1 Принципы анестезиологического обеспечения

По данным J. M. Senior (2015) смертность у лошадей во время выполнения плановых операций под общей анестезией значительно выше, чем у мелких домашних животных и составляет 1 случай из 100. Для сравнения аналогичная смертность у собак – 1 из 1000. При этом смертность при проведении операций по экстренным показаниям, когда лошадь поступает на операционный стол в тяжелом состоянии, например, при коликах, ещё выше – 1 случай из 10 (Полатайко О. Р., 2009). Основной причиной этого является высокий риск развития артериальной гипотензии, гипоксемии и гиперкапнии у лошадей, особенно при длительных операциях. Также следует отметить, что введение в анестезию и выход из нее у лошадей затрудняется опасностью возникновения ситуации, когда животное может запаниковать и стремиться убежать. В исследованиях R. J. Brosnan et al. (2012) указывается, что при проведении оперативных вмешательств лежащее дорсальное и латеральное положение лошади является противоестественным. При длительном нахождении в лежащем положении, особенно в условиях гипоксии, у лошади нарушается кровоток в мышцах, что может привести к развитию послеоперационной миопатии.

На ранних этапах развития анестезиологии её основной задачей считалось устранение болевых ощущений. Однако с развитием возможностей хирургии были сформированы принципиальные требования, предъявляемые к анестезиологическому обеспечению для сохранения функциональной активности жизнеобеспечивающих систем организма. Главными задачами анестезиологического пособия – обеспечение минимального развития адаптационных реакций и компенсаторных процессов, сохранение и поддержание постоянства внутренней среды организма животного. Это требование согласуется

с выполнением основной концепции, определяющей развитие общего обезболивания – принципа многокомпонентности анестезии (Нечаев А. Ю., 2003).

Современное анестезиологическое пособие включает в себя комплекс мероприятий, обеспечивающих: сон, анальгезию, нейровегетативную блокаду, миорелаксацию, поддержание адекватного дыхания и кровообращение, регуляцию обменных процессов (Бетшарт-Вольфенсбергер Р. и др., 2010).

Во время проведения оперативных вмешательств, одним из самых главных компонентов общей анестезии (ОА) является сон. При помощи различных медикаментозных средств (ингаляционных и неингаляционных анестетиков) удаётся изменить функции высших отделов нервной систем. Как следствие воздействия препаратов на организм, наблюдается выключение сознания, снижение болевой чувствительности и уменьшение нейровегетативных реакций.

Другим компонентом ОА является анальгезия. При помощи различных медикаментозных препаратов (анальгетиков центрального и периферического действия) достигается эффект обезболивания.

Во время проведения сложных хирургических вмешательств, немаловажным звеном анестезиологического пособия является миорелаксация или миоплегия. Она отвечает за расслабление мышц и обездвиживание пациентов. При определенных дозировках, возможно возникновение дозозависимого апноэ, поэтому при применении миорелаксантов необходимо быть готовым к проведению искусственной вентиляции легких.

Нейроэндокринные и вегетативные реакции, как ответная реакция на воздействие комплекса операционных факторов на организм. Для предупреждения развития данных процессов, в анестезиологический протокол включена нейровегетативная блокада. В её обеспечении частично участвуют другие компоненты анестезии, но для углубления применяют нейролептики, симпатолитики и холинолитики.

Для обеспечения адекватного функционирования организма необходим постоянный мониторинг и поддержка дыхания, кровоснабжения тканей и органов, а также регуляция обменных процессов.

Т. Kushiro (2005), А. Grimm (2015) в своих исследованиях неоднократно утверждают, что обеспечение различных компонентов анестезии, на разных этапах ОА, могут играть решающее значение. Главная задача анестезиологического протокола – оптимальные условия работы хирурга и безопасность животного.

### **1.1.2 Мониторинг биологических параметров функциональных систем организма животного**

Наблюдения за функциональными системами организма животного осуществляется, как правило, с применением монитора, но при отсутствии технической возможности контроль за дыхательной системой осуществляется методом наблюдения за движениями грудной стенки и дыхательного мешка. При этом оценивают следующие показатели: частоту дыхательных движений, их глубину и ритмичность. В норме дыхание должно быть регулярным, ритмичным и глубоким (Drewnowska O. et al., 2018). При оценке дыхательной системы следует помнить, что на начальных этапах анестезии возможно, медикаментозно обусловленное, отрицательное изменение показателей дыхательной системы.

Ослабленная дыхательная деятельность, по данным W. W. Muir (2014), может свидетельствовать о глубокой степени анестезии, наличии заболеваний, связанных с ЦНС, выраженной гиперкапнии, гипоксемии и гипотермии. Taylor P. M. (2007) отмечает, что метаболический алкалоз также может быть причиной таких изменений дыхательной системы.

Ослабленная дыхательная активность – тревожный знак и требует быстрого реагирования ветеринарного специалиста.

Усиленная дыхательная деятельность, по данным А. Grimm (2015), может свидетельствовать о недостаточной глубине анестезии, гипертермии, гиперкапнии, гипоксемии. E. P. Steffey and Jr D. Howland (1980) утверждают, что одной из причин может быть метаболический ацидоз. Также отмечается медикаментозная обусловленность таких явлений.

При наличии технической возможности наблюдения осуществляются с использованием монитора и дополнительного оборудования. Некоторые виды оборудования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оборудование для осуществления контроля за дыхательной системой (по данным R. Bettschart-Wolfensberger, 2007)

Наименование	Характеристика возможностей	Практическая значимость
Апноэ-монитор	слабый сигнал при каждом дыхании, громкая тревога при апноэ	обязателен
Прибор для измерения концентрации $O_2$	измеряет концентрации $O_2$ на вдохе; тревога, если концентрация $O_2$ ниже определенной границы	важен при использовании $N_2O$
Прибор для измерения $CO_2$	измеряет концентрацию $CO_2$ на выдохе	дорогой, важен при проведении ИВЛ
Капнограф	измеряет концентрацию различных газов, различные сигналы тревоги	дорогой по стоимости
Спирометр	измеряет объем вдоха и выдоха в течение ингаляционной анестезии	только в научных целях
Пульсоксиметр	измеряет насыщение гемоглобина кислородом неинвазивным методом, непрерывная регистрация пульса, датчики чувствительны к беспокойству животного	практически важен
Газоанализатор	единственный метод, который дает точное представление о состоянии дыхания; недостаток – необходимо взять кровь	дорогой для широкого использования, важен в диагностических целях

Контроль за функционированием сердечно-сосудистой системы осуществляется при помощи регистрации таких клинических показателей как

частота сердечных сокращений (ЧСС), сердечный ритм, скорость наполнения капилляров (СНК), цвет видимых слизистых оболочек.

В норме сердце должно биться ритмично, пульс должен быть четким и сильным, ЧСС должна соответствовать показателям для данного вида животного, СНК 1-2 секунды. При выявлении отклонений, следует немедленно начинать симптоматическую терапию, а также стараться выявить причину и устранить её (Полатайко О. Р. 2009; Grosenbaugh A. D., 1998; Trim C. M., 2005; Taylor P. M., 2007; Kurt A. Grimm, 2015).

Как правило, для регистрации показателей деятельности сердечно-сосудистой системы используется дополнительное оборудование, приведенное в таблице 2.

Таблица 2 – Оборудование для осуществления контроля за сердечно-сосудистой системой (Нечаев А. Ю. и др., 2010)

Наименование	Характеристика возможностей	Практическая значимость
ЭКГ	измеряет электрические потенциалы, возникающие в сердечной мышце	чаще используется у мелких животных
Пищеводный фонендоскоп	прослушивание ударов сердца через зонд в пищеводе	только у мелких животных, доступный метод для определения ЧСС
Ультразвуковой доплер	доплер над периферической артерией делает пульс слышимым, проксимальнее располагается манжета, измеряет систолическое АД	идеальный способ при наличии подходящей манжеты (от морской свинки до лошади)
Осциллометрический тонометр	неинвазивный метод, с помощью манжеты над артерией, относительно точные данные систолического и диастолического АД, если АД не крайне низкое или высокое	приспособлен для собак массой >15 кг и лошадей
Интраартериальное измерение АД	измеряет очень точно АД и данные ЧСС	редко используется, так как необходим артериальный катетер, дорогостоящий метод

Появление брадикардии, по данным Т. Yamanaka (2001) и E. P. Steffey (2005), возникает при раздражении вагуса (оперативные вмешательства в области головы и шеи, абдоминальной хирургии). По данным Р. Бетшарт-Вольфенсбергер, А. Ю. Нечаев (2017), причинами также может служить гипотермия, гипонатриемия, гиперкальциемия, гиперкалиемия, передозировка ингаляционными анестетиками, а также применение альфа<sub>2</sub>-агонистов.

Появление тахикардии, по данным E. Stefanik (2021), возникает при поверхностной анестезии, гиперкапнии, гипоксемии, кардиомиопатии, шоке, гипертермии, гипернатриемии, гипокалиемии. По данным К. W. Clarke (2017), повышенный мышечный тонус при пробуждении животного также может быть причиной тахикардии.

## **1.2 Галогенсодержащие препараты как анестетики**

### **1.2.1 Особенности технической и фармакологической реализации**

При использовании ингаляционных анестетиков необходимо специализированное оборудование, предназначенное для испарения анестетика и доставки его в легкие. На стадии индукции (введения в анестезию) происходит интубация трахеи лошади. Для поддержания анестезии эндотрахеальную трубку подключают к дыхательному контуру, через который анестезирующее вещество от наркозного аппарата подается пациенту в кислородной или воздушной газовой смеси.

В настоящее время практически все ветеринарные специалисты для интубации трахеи используют эндотрахеальные трубки с надувной манжетой на дистальном конце. После установки трубки в трахею манжета надувается для создания герметичного уплотнения между трубкой и трахеей. Эндотрахеальная трубка вводится через гортань в трахею и должна достигать средней или нижней трети шейного отдела трахеи. Эти трубки изготавливаются из силикона, резины или полиэтилена. При проведении интубации существует риск попадания интубационной трубки в пищевод, это может привести к негативным

последствиям со стороны кардиореспираторной системы и требует быстрого реагирования врача-анестезиолога.

Рекомендованные размеры эндотрахеальных (интубационных) трубок для лошадей (по данным Р. М. Taylor и К. W. Clarke, 2007) представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Рекомендованные размеры интубационных трубок

Размер лошади (кг)	700 и более	500-700	350-500	До 350
Диаметр трубки (мм)	От 35 до 40	25-30	20-24	12-20

Для проведения общей ингаляционной анестезии лошадей на стадии поддержания чаще всего используют такие галогенсодержащие анестетики, как изофлуран и севофлуран, реже фторотан. Данные анестетики высоко эффективны, легкоуправляемы и достаточно безопасны. (Yamanaka T., 2001; Kushiro T., 2005; Edner A., 2005; Kurt A. Grimm, 2015; Mosing M., 2017).

Преимуществами ингаляционной анестезии, по данным О. Р. Полатайко (2009), являются: управляемость глубины анестезии, минимальная токсичность и минимальное количество побочных действий, минимальная биотрансформация в организме животных. А. Ю. Нечаев и А. З. Берлин (2019) также отмечают, что препараты данной группы обладают эффектом миорелаксации и гипнотическим эффектом.

Для характеристики силы действия ингаляционных анестетиков используется понятие минимальной альвеолярной концентрации (МАК, от англ. MAC – Minimum Alveolar Concentration). МАК – это минимальная альвеолярная концентрация вещества (при атмосферном давлении), при которой 50% пациентов не реагируют двигательной реакцией на стандартный болевой раздражитель (кожный разрез). Чем ниже значение МАК ингаляционного анестетика, тем выше его сила действия. Чтобы достоверно достичь адекватной/средней глубины анестезии у 95% животных необходимо использовать 1,5 МАК (Нечаев А. Ю., Берлин А. З., 2019).

В таблице 5 представлена характеристика современных галогенсодержащих ингаляционных анестетиков, которые находят применение в ветеринарной анестезиологии.

Таблица 5 - Сравнительная характеристика севофлурана, изофлурана и фторотана (Нечаев А. Ю., Берлин А. З., 2019).

Галогенсодержащие анестетики	Севофлуран	Изофлуран	Фторотан
Метаболизация	3%	0,2%	около 20%
Стоимость	очень высокая	высокая	относительно невысокая
Побочное действие на сердечно-сосудистую систему	меньшее по сравнению с фторотаном угнетение сердечно-сосудистой системы	меньшее по сравнению с фторотаном угнетение сердечно-сосудистой системы	вызывает сенсibilизацию миокарда к катехоламинам (аритмии), сильное угнетение ССС
Побочное действие на дыхание	угнетает дыхание сильнее, чем фторотан	угнетает дыхание сильнее, чем фторотан	угнетение дыхания
Рекомендуемое применение	животным до 2-3 мес. возраста, с печеночно-почечной недостаточностью, с болезнями сердца (прежде всего с нарушениями ритма)	животным до 2-3 мес. возраста, с печеночно-почечной недостаточностью, с болезнями сердца (прежде всего с нарушениями ритма)	обычным пациентам в рутинной работе

Широко применяемым с середины прошлого столетия ингаляционным анестетиком является фторотан (галотан). Химическая формула –  $C_2HBrClF_3$ . Он не воспламеняется, но обладает чувствительностью к свету, хранится в бутылках из темного стекла, в качестве консерванта используется тимол (Soares J. H. et al., 2012).

Фторотан легко испаряется, что позволяет быстро добиться концентраций, достаточных для быстрого введения в наркоз. По этой же причине его легко

передозировать. Минимальная альвеолярная концентрация (МАК) фторотана составляет 0,8-0,9%, это означает, что концентрация 0,9-1,3%, как правило, является достаточной для обеспечения анестезии для хирургической операции. Показатели испарителя связаны, но отличаются от альвеолярной концентрации, так как на её значение влияет множество факторов, например, вентиляция лёгких. В большинстве случаев концентрация испаряемого фторотана от 2 до 4 об. % является достаточной для быстрого и спокойного введения в наркоз всех видов животных, а для поддержания анестезии используются показатели от 0,8 до 2 об. % (Steffey E. P. et al., 1977).

Как утверждает S. V. Hildebrand (1988), галотан (фторотан) в отличие от эфира не вызывает раздражения дыхательных путей. Обладает слабым анальгезирующим действием, часто недостаточным для проведения травматических операций. Желательно наряду с фторотаном использовать анальгетики во время премедикации и поддержания анестезии.

Фторотан оказывает угнетающее воздействие на миокард, что приводит к зависимому от дозы снижению минутного объема крови и артериального давления. При использовании фторотана наблюдается лишь незначительная вазодилатация. Фторотан сенсibiliзирует миокард к катехоламин-индуцированным артериям.

На основании исследований, проведённых T. Duke (2002), можно утверждать, что фторотан угнетает респираторную функцию посредством депрессивного воздействия на дыхательные центры. Снижается реакция на повышение концентрации  $\text{CO}_2$ , уменьшается дыхательный объём и частота дыхательных движений. Ответная реакция на гипоксию, как правило, остаётся без изменений. Хотя в большей мере выход из наркоза зависит от удаления препарата через лёгкие. Некоторое количество метаболизируется в печени.

В настоящее время более распространён в ветеринарной практике другой галогенсодержащий анестетик – изофлуран. Химическая формула –  $\text{C}_3\text{H}_2\text{ClF}_5\text{O}$ .

Как утверждает K. W. Clarke (2017), изофлуран – парообразующий анестетик, имеет резкий запах эфира, является безопасным, так как не

воспламеняется. Другой исследователь Kurt A. Grimm (2015) сообщает, что одним из свойства изофлурана является миорелаксация. Также он способствует расширению периферических кровеносных сосудов, что приводит к увеличению степени гипотензии, может вызывать незначительную миокардиодепрессию.

В литературе есть сведения об угнетении дыхательного центра, уменьшении дыхательного объёма и снижении реакции на возрастание концентрации углекислого газа (Edner A., 2005).

По данным Р. М. Taylor (2007), изофлуран практически не метаболизируется в печени. В основном удаление анестетика происходит во время дыхания с выдыхаемым воздухом.

По мнению другого исследователя, R. J. Brosnan (2012), изофлуран относится наиболее широко используемым летучим ингаляционным анестетиком при анестезии лошадей. Изофлуран является наиболее мощным из трёх препаратов, о чем свидетельствует самое низкое значение МАК 1,3%, но его более высокая растворимость в крови задерживает уравнивание анестетика между альвеолами и центральной нервной системой и задерживает выведение анестетика во время восстановительного периода.

В конце прошлого столетия был открыт и внедрен в клиническую практику севофлуран. Его химическая формула –  $C_4H_3F_7O$ .

В своих исследованиях Е. В. Туровникова (2006), описывает некоторые особенности севофлурана: низкая растворимость в крови, быстрое возрастание альвеолярной концентрации, отсутствие резкого запаха.

По своим клиническим проявлениям севофлуран обладает наименее выраженной миокардиодепрессией среди галогенсодержащих анестетиков. Как и изофлуран, севофлуран способствует миорелаксации.

По мнению R. J. Brosnan (2012), севофлуран имеет значение МАК, которое примерно в два раза больше, чем у изофлурана. Его значительно более низкая растворимость в крови способствует более быстрому выведению из организма по сравнению с изофлураном. Однако, более быстрое восстановление после анестезии севофлураном не всегда может быть достигнуто у лошадей из-за более

выраженного угнетения дыхания, которое задерживает вымывание препарата. Приблизительно от 2% до 5% севофлурана подвергается печеночному метаболизму, в большей степени, чем его аналоги.

В отечественной литературе практически не описано влияние севофлурана на организм лошадей, что является актуальной темой для изучения этого вопроса.

Рассматривая фармакокинетику ингаляционных анестетиков, следует помнить, что фторотан, изофлуран и севофлуран являются летучими анестетиками и во время вдоха доставляются в организм непосредственно в легочные альвеолы в составе газовой смеси.

Затем происходит диффузия лекарственного средства в кровь за счёт парциального давления анестетика и альвеолярно-капиллярного градиента. С кровью анестетик поступает к центральной нервной системе (ЦНС). Особенности исследуемых ингаляционных анестетиков является низкая метаболизация в печени, выведение происходит с выдыхаемым воздухом через лёгкие (Tomasic M., 1997).

P. D. Wagner (2014) утверждает, что скорость наступления необходимой глубины анестезии, сила действия и скорость выведения анестетиков во многом зависят от МАК, растворимости в крови и в тканях, адекватного функционирования кардиореспираторной системы лошадей.

По данным Z. Drabkova (2018), летучие анестетики доставляются в альвеолы через вдыхаемый воздух. Факторы, увеличивающие альвеолярную минутную вентиляцию (например, контролируемая вентиляция) или увеличивающие парциальное давление анестетика на вдохе (за счет увеличения концентрации анестетика в контуре), увеличивают парциальное давление альвеолярного анестетика и альвеолярно-венозный градиент, который способствует диффузии лекарственного средства в кровь. Необходимо учитывать, что парциальное давление анестетика, необходимое для достижения эффективной концентрации анестетика, зависит от растворимости анестетика в крови (чем меньше растворимость анестетика, тем больше его парциальное давление). В своих исследованиях Е. В. Туровникова (2006), утверждает, что парциальное

давление анестетика в крови зависит от альвеолярного парциального давления. А от парциального давления анестетика в ЦНС зависит клинический эффект.

Оценивая время наступления необходимой глубины анестезии, ряд исследователей утверждают, что скорость достижения анестезии обратно пропорциональна растворимости анестетика в крови. Чем лучше растворимость, тем медленнее достижение анестезии и наоборот (Taylor P. M., K. W. Clarke, 2007).

A. L. Raisis (2005) описывает легочной кровотоком, как один из наиболее важных компонентов для адекватного поступления анестетика в организм животного. Зависимость объема поступления анестетика в кровь прямо пропорциональна от объема кровотока. (чем больше кровотока, тем больше анестетика поступает в кровь и наоборот). Но при этом уменьшается альвеолярная концентрация анестетика, как следствие происходит уменьшение градиента между альвеолами и кровью. Это означает уменьшение количества поступающего анестетика в кровь и снижение скорости концентрации в крови.

A. Wakuno (2017) утверждает, что более быстрое поглощение анестетика не приводит к более быстрому началу действия анестетика. Группа тканей, богатых сосудами, включает участки ЦНС, ответственные за анестезирующее действие. В результате парциальное давление анестетика находится в замедленном равновесии с парциальным давлением анестетика в альвеолах. Факторы, способствующие повышенному поглощению анестетика из альвеол, а именно высокий сердечный выброс, противодействуют скорости увеличения парциального давления анестетика в альвеолах и, таким образом, задерживают увеличение парциального давления в ЦНС.

Летучие анестетики поглощаются всеми тканями организма со скоростью, пропорциональной градиенту парциального давления между сосудами и тканями и коэффициенту распределения кровь/ткань. Уравновешивание парциального давления в альвеолах и сердечно-сосудистом русле происходит быстро при использовании современных агентов. Однако ткани с плохим кровотоком, такие как жировая ткань, могут поглощать лекарство во время анестезии, даже не

достигая равновесия с ССР (сердечно-сосудистым руслом) или альвеолярным парциальным давлением. Поскольку все эти агенты лучше растворимы в липидах, чем в воде, жировая ткань действует как огромный резервуар анестетика. Другими словами, жировая ткань обладает высокой способностью растворять анестетик и поддерживать высокий градиент парциального давления анестетика, что способствует дальнейшему поглощению и межтканевой диффузии из областей с более низкими коэффициентами распределения (например, из сердца в перикардиальный жир или из кишечника в сальниковый жир). Количество анестетика, содержащегося в жировом резервуаре, увеличивается при ожирении и продолжительном воздействии анестетика на организм. Эти же факторы, в свою очередь, удлиняют выведение анестетика и время восстановления животного. (Дж. Эдвард Морган мл и др., 2022).

Рассматривая фармакодинамику ингаляционных анестетиков, следует помнить, что они вызывают неподвижность, амнезию, миорелаксацию за счет воздействия препарата на разные участки ЦНС (Brosnan R. J., 2012).

В своих исследованиях А. А. Стекольников (1999, 2010) утверждает, что ингаляционные анестетики являются хорошими миорелаксантами. Но они не обеспечивают должную анальгезию и при выборе анестезиологического пособия, для достижения общей анестезии необходимого качества, необходимо использовать дополнительные обезболивающие препараты.

Принимая во внимание мнение J. M. Sonner (2003), A. Edner (2005), J. Dupont (2018) можно утверждать, что общая анестезия ингаляционными анестетиками обеспечивается воздействием данных препаратов на ряд структур: ретикулярную активирующую систему головного мозга, в частности на кору больших полушарий, клиновидное ядро, обонятельную кору и гиппокамп.

Hildebrand, S. V. (1986) обнаружила и описала способность ингаляционных анестетиков подавлять передачу нервных импульсов в спинном мозге на уровне вставочных нейронов дорсальных корешков серого мозгового вещества, вовлеченных в рецепцию боли.

### 1.2.2 Виды дыхательного контура и уровни общей анестезии

При проведении общей анестезии у лошадей выделяют 5 основных этапов: премедикация, индукция или вводная анестезия, поддерживающая анестезия, пробуждения и восстановление (Полатайко, О. Р., 2009.).

Классические стадии для эфирной анестезии были разработаны А. Е. Guedel (1920) и до сих пор широко применимы к большинству ингаляционных анестетиков. Но со временем были разработаны более современные требования к оценке стадии анестезии с учетом физиологических особенностей различных видов домашних животных. В таблице 6 представлены признаки хирургической стадии, которые помогут объективно, особенно в условиях полевой хирургии, оценить состояние животного (Р. Бетшарт-Вольфенсбергер, А. Ю. Нечаев и др., 2017).

Таблица 6 - Признаки хирургической стадии при ингаляционной анестезии (Р. Бетшарт-Вольфенсбергер, А. Ю. Нечаев и др., 2017)

	Лошадь	Собака/кошка	Корова	Овца/коза
Роговичный рефлекс	+	+	+	+
Рефлекс век	+	-	-	(+)
Глоточный/гортанный рефлекс	-	-	-	-
Положение глазного яблока	медовентральное (медленный нистагм)	медовентральное центральное	вентральное (не явное)	Слегка медовентральное
Дыхание	Глубокие вдохи, регулярное	Глубокие вдохи, регулярное	Регулярное	Регулярное
Кровяное давление	↓ =	↓ =	↑ =	↑ =
ЧСС	=	=	=	=
Время наполнения капилляров	<2 секунд	<2 секунд	<2 секунд	<2 секунд
Тонус челюсти	не информативен	снижен, показатель информативен прежде всего для кошек	не информативен	не информативен

= - примерно, как в исходном состоянии (до анестезии); ↑ - выше, чем в исходном состоянии; ↓ - ниже, чем в исходном состоянии; + имеется в наличии; - отсутствует

В настоящее время, при проведении оперативных манипуляций, применяется «сбалансированная анестезия». При таком виде анестезии, каждый из компонентов общей анестезии выполняется отдельными медикаментами со строго определенными свойствами (Нечаев А. Ю., Берлин А. З., 2019). Концепция комбинирования различных препаратов позволило максимально эффективно использовать положительные свойства фармакологических средств при минимальной дозировке, а также свести к минимуму их побочные эффекты (R. Bettschart-Wolfensberger, 2007).

На основе данных различных авторов, можно выделить несколько групп внутривенных анестетиков, применяемых на этапах седации и вводной анестезии. По данным А. Auckburally (2017), для премедикации лучше использовать препараты групп альфа<sub>2</sub>-агонистов (ксилазина гидрохлорид, детомедина гидрохлорид и медетомедина гидрохлорид) и нейролептики (ацепромазина малеат). Для вводной анестезии, во время которой происходит медикаментозный повал лошади, многие авторы рекомендуют применять комбинированный анестетик «Золетил» (тилетамина гидрохлорид + золазепам гидрохлорид)

Также во время проведения премедикации авторы советуют применять различные препараты, которые способствуют снижению анестезиологических рисков. К этим препаратам относятся: антибиотики широкого спектра, нестероидные противовоспалительные препараты (Wakuno A., 2017).

На этапе поддержания анестезии, все авторы советуют применять галогенсодержащие анестетики такие как изофлуран, севофлуран, галотан в виде газовой смеси в сочетании с кислородом. После проведения интубации, эндотрахеальную трубку подключают к дыхательному контуру, по которому осуществляется доставка газовой смеси (кислород + ингаляционный анестетик) к пациенту (Mosing M. and Senior J. M., 2018).

Рекомендуется использовать полузакрытую дыхательную систему циркуляционного типа. Два однонаправленных клапана, расположенные в контуре, обеспечивают односторонний поток газа. Адекватная работа данной системы минимизирует повторное дыхание выдыхаемыми газами. Обязательной

частью данного типа контура является наличие: адсорбера углекислого газа, резервного (дыхательного) мешка, предохранительный клапан избыточного давления. Дыхательные шланги изготовлены из легкого пластика или резины, имеют гофрированную форму для предотвращения перекручивания и турбулентного потока (Taylor P. M., 2007).

На вдохе животному поступает газовая смесь из аппарата. На выдохе часть выдыхаемого газа проходит через адсорбер с поглотителем углекислого газа и возвращается в газовую смесь, которая поступает к пациенту. Другая часть выбрасывается в атмосферу. Благодаря этому, после насыщения организма пациентом анестетиком, пропадает необходимость подачи большого количества анестетика. Пациенту дозируется ровно столько, сколько необходимо организму. Метаболическая потребность животного в кислороде в состоянии сна составляет от 5 до 10 литров в минуту. При использовании данной системы необходимо постоянно контролировать уровень концентрации кислорода и углекислого газа. Любые изменения должны быть замечены раньше, чем окажет негативное влияние на пациента (Clarke, K. W. et al., 2017).

Чтобы избежать повышения концентрации в системе различных газов, которые образуются в организме, но не поглощаются адсорбером, необходимо «проветривать» систему после использования (открывается предохранительный клапан, и вся система продувается большим потоком свежей газовой смеси) (Lumb, A. V. and Slinger P. 2015). Преимущество полужакрытого дыхательного контура перед закрытым состоит в том, что опасность возникновения гиперкапнии и гипертермии при его использовании меньше. Однако при полужакрытом способе больше расходуется газоанестетической смеси (R. Bettschart-Wolfensberger, 2007).

На рисунке 1 представлена схема строения полужакрытого дыхательного контура. Максимальным поворотом вентиля (1) по часовой стрелке создается герметичность в системе «аппарат-пациент», выдыхаемый газ не выводится в окружающее пространство и дыхательный контур становится закрытым.

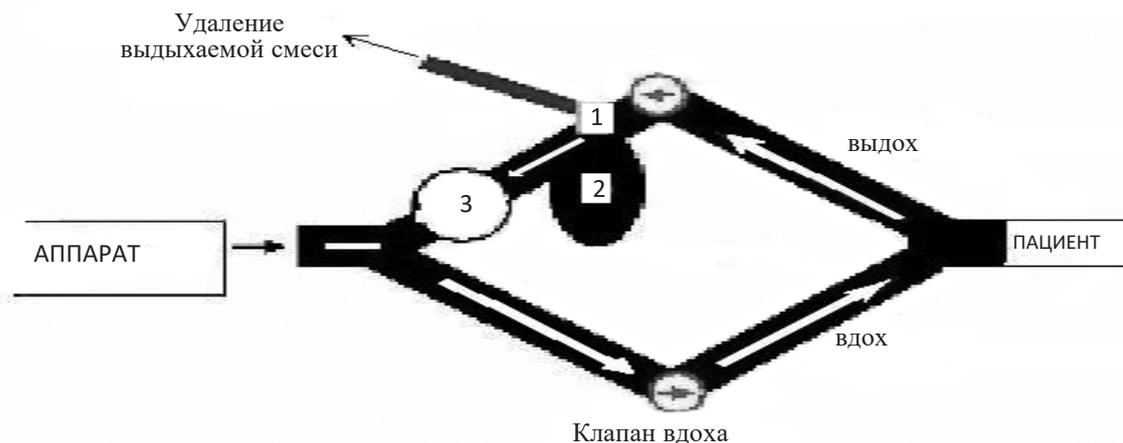


Рисунок 1 – Схема строения полужакрытого дыхательного контура (Нечаев А. Ю., Берлин А. З., 2019).

1 – вентиль; 2 – дыхательный мешок; 3 – CO<sub>2</sub> – адсорбер.

### 1.3 Галогенсодержащие анестетики как раздражающие факторы кардиореспираторной системы лошадей

#### 1.3.1 Критерии оценки функциональной недостаточности дыхания и кровообращения

Все средства для общей анестезии вызывают дозозависимую гиповентиляцию. Лошади как вид более чувствительны к угнетающему дыханию действию летучих анестетиков, чем собаки или кошки. Дыхательный объем также уменьшается с увеличением концентрации анестетика на ранних этапах. По сравнению с изофлураном более выраженное угнетение дыхания отмечено при применении севофлурана, это может задерживать выведение анестетика из организма. Возможно появление бронходилатирующего действия ингаляционных анестетиков. Это обусловлено снижением внутриклеточной концентрации кальция и чувствительности к нему (Grosenbaugh, A. D. et al., 1998).

Все ингаляционные анестетики, по мнению С. Laurenza (2020), вызывают дозозависимую гипотензию (происходит угнетение рефлекторного контроля за артериальным давлением). Хотя современные анестетики эфирного типа являются

мощными сосудорасширяющими средствами, снижение артериального давления, в значительной степени, обусловлено дозозависимым снижением ударного объема и сердечного выброса. Это объясняется влиянием анестетиков на снижение сократимости желудочков сердца.

Также, по мнению А. Н. Dugdale (2016), при неправильном подборе анестезиологического пособия, увеличивается риск возникновения асфиксии центрального происхождения (остановки дыхания). Для решения возникшей проблемы прибегают к реанимации путём внутривенного введения средств, возбуждающих дыхательный центр, поддерживающих деятельность сердечно-сосудистой системы и полным прекращением подачи ингаляционного анестетика. Другими факторами возникновения асфиксии являются: 1. Закрытие входа в дыхательные пути; 2. Сокращение голосовой щели. При этом, устранение расстройства дыхания возможно при помощи раскрытия ротовой полости и потягивания языка, обеспечении прохождения воздуха через верхние дыхательные пути. Обязательно проводится искусственное дыхание. Для этого используют мешок Амбу или аппарат искусственной вентиляции легких.

Одним из самых тяжёлых осложнений, по данным Р. Эккерт (2014), является остановка сердца. Одной из возможных причин появления – передозировка анестетиками, токсическое повреждение мозговых центров, интоксикация сердечной мышцы или нервных проводников. Как отмечает автор, развитие данной патологии возможно, как во время проведения общей анестезии, так и в послеоперационный период. Основными симптомами, при появлении данного осложнения, являются: отсутствие пульса, снижение артериального давления, остановка дыхания, бледность слизистых оболочек и расширение зрачков. Также отмечается прекращение кровотечения в ране при данной патологии.

При проведении реанимации, первым шагом является прекращение подачи анестетика пациенту. Следующим этапом вводят раствор атропина внутривенно. Во время проведения реанимационного мероприятия, ведется постоянный контроль показателей сердечно-сосудистой и дыхательных систем. В случае

продолжающейся асистолии, начинают непрямой массаж сердца совместно с введением раствора адреналина (внутривенно).

### **1.3.2 Пробуждение и коррекция функциональных нарушений в период пробуждения у лошадей**

Поскольку при использовании ингаляционной анестезии животные длительное время находятся в лежачем дорсальном или в боковом положении, которое не является естественным для лошадей, по мнению многих авторов (Brosnan R. J., 2012; Valverde A., 2013; Hector, R. C. et al., 2020). Длительное нахождение лошади в лежачем положении увеличивает риск возникновения послеоперационных осложнений, особенно на стадии пробуждения и подъёма пациента. Как утверждает P. D. Wagner (2014), большинство из этих осложнений связаны с интраоперационными изменениями со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем во время общей анестезии, и многие из них становятся очевидными во время пробуждения или в первые 24 часа после окончания анестезии.

В своих исследованиях L. L. Donaldson (2000) пишет о том, что смертность во время пробуждения очень велика. Во многих случаях животные подвергались эвтаназии из-за травм, полученных во время подъёма животного. Это связано со скоростью выхода из анестезии, которая зависит от растворимости анестетиков в крови. Таким образом, многие авторы подмечают, что во время пробуждения появляется необходимость в использовании седативных внутривенных препаратов, чтобы способствует плавному выходу из наркоза и удалению ингаляционных анестетиков из организма животного. Кроме того, A. H. Dugdale, (2016) советует применять кислородную терапию во время пробуждения.

В период пробуждения лошади возможна обструкция дыхательных путей. В своём исследовании J. Potter (2015) утверждает, что в случае возникновения данного осложнения необходимо очень быстро установить причину непроходимости и обеспечить животному доступ к кислороду любыми

доступными путями. Дальнейшая терапия носит симптоматический характер в зависимости от причины обструкции.

Следует обратить внимание, что у лошадей, после длительных операций в латеральном и дорсальном положении, очень высок риск развития миопатии. Это осложнение является достаточно частым явлением и очень опасным для жизни пациента. В своих исследованиях S. S. Young (2005) утверждает, что животные могут проявлять признаки мышечной дисфункции в период восстановления или в первые часы после прекращения анестезии. Тяжесть состояния может варьироваться от лёгкой хромоты до тяжёлой генерализованной миопатии. В качестве профилактики предлагается инфузионная терапия во время операции, введение в анестезиологический протокол раствора  $\text{NaHCO}_3$  (гидрокарбоната натрия) и добутамина (Yoon S., 2012). В случае возникновения осложнения применяются симптоматическая терапия, включающая в себя: НПВС, седативные препараты (ксилазин, ацепромазин), инфузионная терапия, кислородная терапия, советует ограничить передвижение животного и поддерживать его при помощи системы строп (подвеса).

По данным S. S. Young (2005), невропатия также является одним из наиболее частых осложнений. Как утверждает P. M. Taylor (2007) невропатия, как правило, развивается одновременно с миопатией и терапия при данных патологиях схожа, направлена на улучшение кровоснабжения тканей и органов, снижению рисков травматизации животного, поддержание артериального давления.

В качестве профилактики послеоперационных осложнений у лошадей, практически все иностранные исследователи советуют грамотно подбирать анестезиологическое пособие для каждого случая индивидуально, стараться уменьшить время, проведенное лошастью в состоянии общей анестезии, обеспечить адекватный мониторинг систем организма и производить коррекцию выявленных функциональных нарушения в самом начале их развития.

## 2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Материал, 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 2.

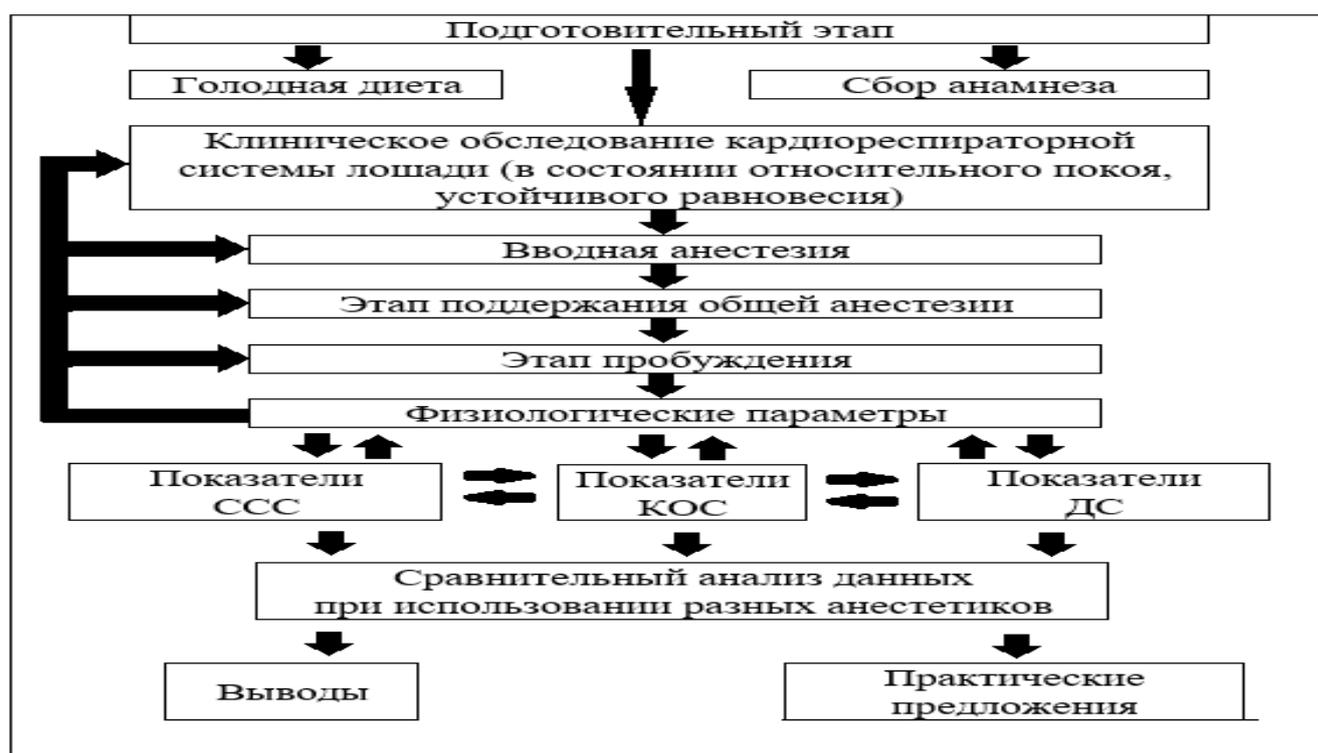


Рисунок 2 – Основные этапы исследования кардиореспираторной системы при применении галогенсодержащих анестетиков.

#### 2.1.1 Объекты исследования и их характеристика

Объектом экспериментальных исследований послужили 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. Сбор экспериментальных данных выполнялся на базе конноспортивных клубов Ленинградской области. Исследования функциональной устойчивости кардиореспираторной системы производились при однотипных хирургических манипуляциях продолжительностью около часа, которые представлены кастрацией жеребцов.

После изучения анамнеза жизни производили клинический осмотр, который включал в себя: оценка общего состояния животного, степень упитанности, измерение веса, ориентация в пространстве, угнетенность состояния, неврологический дефицит, цвет видимых слизистых оболочек, скорость наполнения кровеносных сосудов. Кроме того, проводилась аускультация сердца, трахеи и легких, измерение пульса, тургор кожи, термография.

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 ( $n = 6$ ).

Так как все процедуры, проводимые под общей анестезией, были плановыми, всех животные выдерживались на 12-часовой голодной диете.

Наблюдение за поведением животных в состоянии покоя и при появлении различных раздражителей помогало определить тип нервной деятельности и исходное функциональное состояние организма лошади. Это позволило более качественно подойти к выбору препаратов для премедикации и определения их дозировки.

Перед проведением общей анестезии устанавливали центральный венозный катетер в яремную вену для введения лекарственных препаратов и проведения поддерживающей инфузионной терапии.

На этапе премедикации всем животным внутривенно вводился нейролептик - ацепромазина малеат (дозировка  $1\text{см}^3$  на 100кг) 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, Приложение А). 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 5кг. 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. Аппарат представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Аппарат «Минивап 200».

## 2.1.2. Методы комплексного функционального исследования кардиореспираторной системы лошадей при проведении общей анестезии

При выборе методов исследования мы руководствовались следующими критериями: 1) достоверность и точность получаемых результатов; 2) отсутствие сложных, травмирующих животных манипуляций; 3) доступность аппаратуры и простота исследований.

Все хирургические манипуляции выполнялись с выделением крупных сосудов, их пункцией и взятием проб крови для определения её газового состава и кислотно-основного состояния (КОС).

Во время проведения общей анестезии регистрировались показатели внешнего дыхания: частота дыхания ( $f$ , мин<sup>-1</sup>), 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 (табл.7).

Таблица 7 - Основные показатели, определяющие состояние кардиореспираторной системы при общей анестезии у лошадей

Вентиляция	Кислородный режим	Кровообращение
I. Количественная характеристика реакции		
Частота дыхания ( $f$ , мин <sup>-1</sup> )	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 ( $EQO_2$ )	Артериальное давление (АД)
Насыщение крови кислородом ( $SaO_2$ ), газовый состав ( $PaO_2$ , $PaCO_2$ ), pH крови		

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 ( $\text{SaO}_2$ ).

Также были включены дополнительные клинические показатели, позволяющие выявить признаки гипоксемии и гиперкапнии, представленные в таблице 8.

Таблица 8 – 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 удлинением 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 $\text{O}_2$	80% и ниже	70% и ниже	60% и ниже	нормальное	снижается до 80%	ниже 80%
$\text{PaO}_2$ мм.рт.ст.	75 – 65	64 – 50	менее 50	76 – 90		
$\text{PaCO}_2$ мм.рт.ст.	35 – 45			46 – 50	51 – 60	более 60

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.

В ходе исследований полученные данные заносились в специально разработанный протокол анестезии (Пономарев В. С., Нечаев А. Ю., 1999). Данный документ необходим для первичной регистрации клинических показателей на протяжении всего времени проведения общей анестезии, учета вводимых препаратов. Используемый протокол представлен на рисунке 4.

**ПРОТОКОЛ АНЕСТЕЗИИ**

Клиника \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
 Диагноз \_\_\_\_\_  
 Вмешательство \_\_\_\_\_  
 Вид животного, порода \_\_\_\_\_ возраст \_\_\_\_\_ пол \_\_\_\_\_ вес \_\_\_\_\_  
 в/в катетер поставлен накануне /  нуждается в постановке в/в катетера  
 Хирург \_\_\_\_\_ Анестезиолог \_\_\_\_\_  
 Состояние перед операцией \_\_\_\_\_ ASA 1 2 3 4 5 N

ЧСС	Гематокрит	Другие изменения:
ЧД	Общий белок	
Цвет слизистых	Альбумин	
Время наполнения капилляров	Мочевина	
Температура	Креатинин	

Премедикация				Вводная анестезия			
Медикамент	Доза	Путь введения	Время	Медикамент	Доза	Путь введения	Время

Изофлуран      *Дыхат. контур:*  полуоткрытый    *Метод:*  маска  
 Севофлуран       полузакрытый                       интубация, р-р трубки

**ВРЕМЯ**

	00	15	30	45	00	15	30	45	00	15
4,0										
3,5										
3,0										
2,5										
2,0										
1,5										
1,0										
O <sub>2</sub> л/мин										

**Обозначения концентрации анестетика, в %:**  
 ● - в Испарителе  
 — - end-tidal  
 (на выдохе)

**Обозначения:**  
 It – Интубация  
 Op – Операция  
 Et – Экстубация  
 ○ – Дыхание  
 ● – Пульс  
 ▼ – Систол. АД  
 ▲ – Диастол. АД

**Комментарии**  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

	S.O <sub>2</sub> %									
	200									
	180									
	160									
	140									
	120									
	100									
	80									
	60									
	40									
30										
20										
10										
5										
0										
Температура										
Растворы, мл										

Рисунок 4 – Протокол анестезии.

Способность легочного газообмена обеспечить артериализацию крови в легких определялась регистрацией показателей газового состава крови: величина напряжения кислорода ( $P_{aO_2}$ ) и углекислого газа ( $P_{aCO_2}$ ), определялся рН крови.

Взятие проб крови с этой целью осуществлялось непосредственно перед анестезией (исходный уровень), на 5-й минуте наркоза (период введения), на 20-й минуте (поддержание анестезии) и на 45-й минуте (период пробуждения).

Частота дыхания определялась путем наблюдения за движениями грудной стенки лошади и при помощи наблюдения за движением дыхательного мешка.

Дыхательный объем ( $V_T$ ) измерялся при помощи специального прибора цифрового скринингового определения жизненной емкости легких УСПЦ – 01 (рисунок 5). Для проведения данного исследования, устройство подключалось к коннектору эндотрахеальной трубки после интубации лошади.



Рисунок 5 – Спиротест УСПЦ-01, подсоединённый к интубационной трубке.

Минутную вентиляцию легких вычисляли по формуле:

$$V_E = V_T \times f$$

Для определения показателей газового состава ( $P_{aO_2}$  и  $P_{aCO_2}$ ) и КОС (кислотно-основного состояния) крови использовался портативный анализатор газов крови I-STAT (фирмы Abbott, Канада, рисунок 6). Для этого производили пункцию лицевой артерии с целью забора небольшого количества крови, которая в дальнейшем помещалась на специальный картридж. В дальнейшем картридж подключался к газоанализатору и через непродолжительное время на экране

прибора высвечивались актуальные данные. Такой подход исследования КОС и газов крови позволяет в кратчайшие сроки выявить функциональные респираторные нарушения.



Рисунок 6 – Портативный газоанализатор I-STAT (фирмы Abbott, Канада).

Часть выдыхаемого воздуха собиралась в мешок с целью определения содержания кислорода и  $\text{CO}_2$  по методу возвратного дыхания, предложенному в 1960 г. Campbell F. и др. Пробы воздуха подвергались количественному и качественному анализу в портативном газоанализаторе Riken 18 (рисунок 7).



Рисунок 7 – Портативный газоанализатор Riken 18.

Взятие альвеолярной порции воздуха осуществлялось через катетер, введенный через эндотрахеальную трубку. Сравнивая данные о составе вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, производили измерение разности объёмов кислорода во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе, что позволило рассчитать величину потребления кислорода за определенное время ( $V_{O_2}$ ).

Показатель выделенной углекислоты ( $V_{CO_2}$ ) определялся исходя из количества содержания в 1 литре выдыхаемого воздуха.

Полученные в процессе исследования величины позволили рассчитать ряд дополнительных показателей, характеризующих функциональное состояние системы легочного дыхания. К ним относятся:

1) Объем альвеолярной вентиляции ( $V_A$ ):

$V_{E \times \text{выдых. CO}_2} = V_A \times \text{альвеол. CO}_2$ , откуда

$V_A = V_E * \text{выдых. CO}_2 / \text{альвеол. CO}_2$

2) Отношение альвеолярной вентиляции к общей ( $V_A/V_E$ ), показывающее какая часть из всего минутного объема вентиляции использована на вентиляцию альвеол.

3) Вентиляционный эквивалент ( $EQ_{O_2}$ ) - рассчитывался по формуле:  $EQ_{O_2} = V_E * 100 / V_{O_2}$ , и определяет какое количество воздуха, вентилирующего легкие, приходится на 100 мл потребленного кислорода.

При выборе метода обеспечения общей ингаляционной анестезии руководствовались следующими критериями: доступность аппаратуры, её способность работать в разных условиях окружающей среды и обеспечить адекватность анестезиологического пособия. Ингаляционный наркоз давался посредством отечественного универсального наркозного аппарата «Минивап 200/». Его конструкция предусматривала возможность проведения ингаляционной анестезии по всем видам дыхательных контуров и обеспечения достаточного уровня анестезии. Его небольшие габариты и простота в эксплуатации, позволяли работать в условиях, приближенных к полевым.

Пульс лошади во время проведения анестезии оценивали на лицевой артерии неинвазивным методом путём сдавливания лицевой артерии в области

ганаша (представлено на рисунке 8) и с помощью пульсоксиметра. Кроме того, частота сердечных сокращений оценивалась аускультацией области сердца.

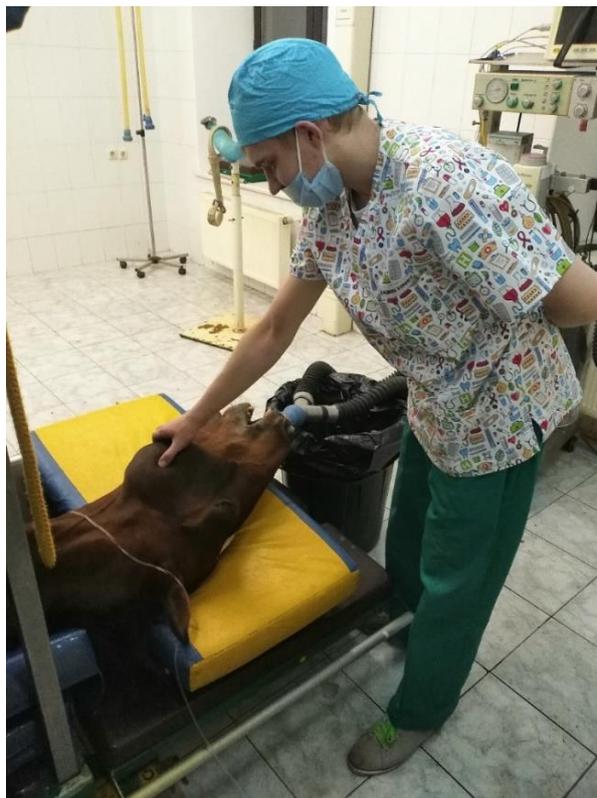


Рисунок 8 – Измерение пульса на лицевой артерии.

Для непрерывного контроля уровня насыщения крови кислородом ( $\text{SaO}_2$ ) во время анестезии использовался пульсоксиметр фирмы «Zoomed», который позволял регистрировать все отклонения оксигенации крови относительно исходного уровня. Он представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Пульсоксиметр фирмы «Zoomed».

Скорость наполнения кровеносных сосудов оценивали путём надавливания пальцем на слизистую оболочку верхней челюсти в области резцов.

После введения анестетика, проводилось тщательное наблюдение за состоянием животного. Благодаря наблюдениям удавалось установить характерные признаки наступления каждой стадии анестезии, последовательно сменяющих друг друга. При определении стадии и уровня наркоза у животного мы руководствовались общепринятой классификацией Гведела (1920).

Оценка глубины анестезии проводилась по критериям:

1. Реакция на окрик, болевые раздражения кожи и внутренних органов
2. Глубина и характер дыхания
3. Глоточный и гортанный рефлекс, глазные симптомы (подвижность глазных яблок, роговичных рефлекс, слезотечение)
4. Изменение тонуса скелетной мускулатуры
5. Ритм, наполнение и частота пульса.

Все регистрируемые клинические показатели в ходе исследования регистрировались в протоколе анестезии.

Значимость критерия достоверности обрабатывался в парном критерии Стьюдента с поправкой Бонферрони с 95% доверительным интервалом при  $p \leq 0,05$  в программе BIOSTAT. EXE.

## **2.2 Результаты собственных исследований**

Полученные в результате исследований показатели работы дыхательной и сердечно-сосудистой систем дают представление о функциональных возможностях организма лошади поддерживать постоянство как кислотно-основного состояния крови, так и её газового состава. Выявленные вероятности возникновения кардиореспираторных нарушений на различных этапах общей анестезии необходимо предупреждать - своевременно выявлять отклонения и производить коррекцию анестезиологического протокола.

### 2.2.1 Влияние галогенсодержащих анестетиков на работу системы дыхания

Влияние того или иного средства общей анестезии на функцию дыхательной системы у лошадей является важнейшим показателем адекватности выбранного анестезиологического обеспечения. В связи с этим одной из первых задач выполненного исследования было проведение сравнительного анализа работы системы дыхания под влиянием различных галогенсодержащих анестетиков. На всех этапах общей анестезии (введение, поддержание, пробуждение) у обследованных животных регистрировались показатели внешнего дыхания: частота дыхания ( $f$ ), дыхательный объём ( $V_T$ ), минутная вентиляция ( $V_E$ ), эффективность вентиляции – отношение альвеолярной вентиляции к минутной ( $V_A/V_E$ ) и вентиляционный эквивалент по кислороду ( $EQO_2$ ). Клинический статус всех исследуемых лошадей характеризовался отсутствием сопутствующей патологии со стороны сердечно-сосудистой и респираторной систем. Исходные показатели внешнего дыхания у животных во всех группах перед проведением анестезии были в пределах нормы. Данные исследований представлены в таблице 9.

Сравнение полученных при исследовании параметров дыхания на различных этапах общей анестезии между собой и с исходными значениями позволило дать оценку эффективности функционирования респираторной системы при применении различных галогенсодержащих анестетиков. Анализируя данные, приведённые в таблице 4, можно утверждать, что объём вентиляции ( $V_E$ ) снижался как при ингаляционной анестезии фторотаном, так и при применении изофлурана и севофлурана. При использовании фторотана снижение величины  $V_E$  регистрировалось на всём протяжении общей анестезии. Достоверное падение уровня вентиляции по сравнению с исходным значением ( $26,9 \pm 0,86$ ) отмечалось при применении изофлурана на этапе введения в анестезию и составляло  $21,1 \pm 1,06$ . Но наиболее выраженное снижение величины  $V_E$  имело место на этапе поддержания при анестезии севофлураном и на 15-й минуте оно составляло  $19,8 \pm 0,86$  л. (рисунок 10).

Таблица 9 – Показатели внешнего дыхания у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков ( $M \pm m$ )

Показатели внешнего дыхания	Ингаляционный анестетик	Исходные данные	Этапы общей анестезии			
			Введение	Поддержание		Пробуждение
			5 мин.	15 мин.	30 мин.	45 мин.
$V_T$ , л	Фторотан	2,4±0,09	1,7±0,13*	1,5±0,09*	1,6±0,09*	1,9±0,09*
	Изофлуран	2,3±0,14	2,6±0,08*	2,7±0,1*	2,7±0,13*	2,6±0,05*
	Севофлуран	2,3±0,15	2,5±0,15*	2,7±0,16*	2,5±0,08*	2,4±0,08*
f, мин <sup>-1</sup>	Фторотан	9,3±1,37	12,5 ±0,84*	14,8±0,75*	13,2±0,98*	11,7 ±1,03*
	Изофлуран	11,7±2,5	8,2±0,75*	7,8±0,75*	9,3±0,81*	10,5±1,05
	Севофлуран	10,9±0,98	8,8±1,32*	7,5±1,04*	8,8±0,41*	10,0±0,89
$V_E$ , л	Фторотан	22,3±2,59	21,3±2,11	22,2±1,12	21,1±1,77	22,2±2,03
	Изофлуран	26,9± 0,86	21,1±1,06*	21,1±0,6*	25,1±0,61*	27,3±0,88
	Севофлуран	25,1± 0,56	21,9±1,59*	19,8±0,86*	22,3±1,12*	24,3±0,78
$V_A/V_E$ , %	Фторотан	66,1±0,09	44,9 ±0,11*	46,2±0,12*	48,2±0,14*	53,2±2,4*
	Изофлуран	66,0±1,26	56,9±0,77*	55,1±0,53*	57,4±0,02*	56,6±0,01*
	Севофлуран	65,9±0,01	57,7±0,02*	58,2±0,01*	61,8±0,01*	64,5±0,01*
EQO <sub>2</sub> , л (на 100мл O <sub>2</sub> )	Фторотан	2,5±0,3	2,8±0,2	2,7±0,1	2,6±0,1	2,6±0,4
	Изофлуран	2,4±0,14	2,5±0,08*	2,4±0,08	2,5±0,11	2,4±0,08
	Севофлуран	2,6±0,09	2,6±0,09	2,6±0,09	2,6±0,06	2,6±0,01

\* - разность средних величин по сравнению с исходными показателями статистически достоверна,  $p < 0,05$

Анализ изменений структуры объема минутной вентиляции показал, что такую динамику изменений  $V_E$  определяет разнонаправленность составляющих его величин: на всех этапах ингаляционной анестезии фторотаном отмечалось достоверное увеличение частоты (f) и уменьшение глубины дыхания ( $V_T$ ). На основании проведённых нами исследований можно утверждать, что объём

вентиляции ( $V_E$ ) снижался как при ингаляционной анестезии фторотаном, так и при применении изофлурана и севофлурана, что отображено на рисунке 10.

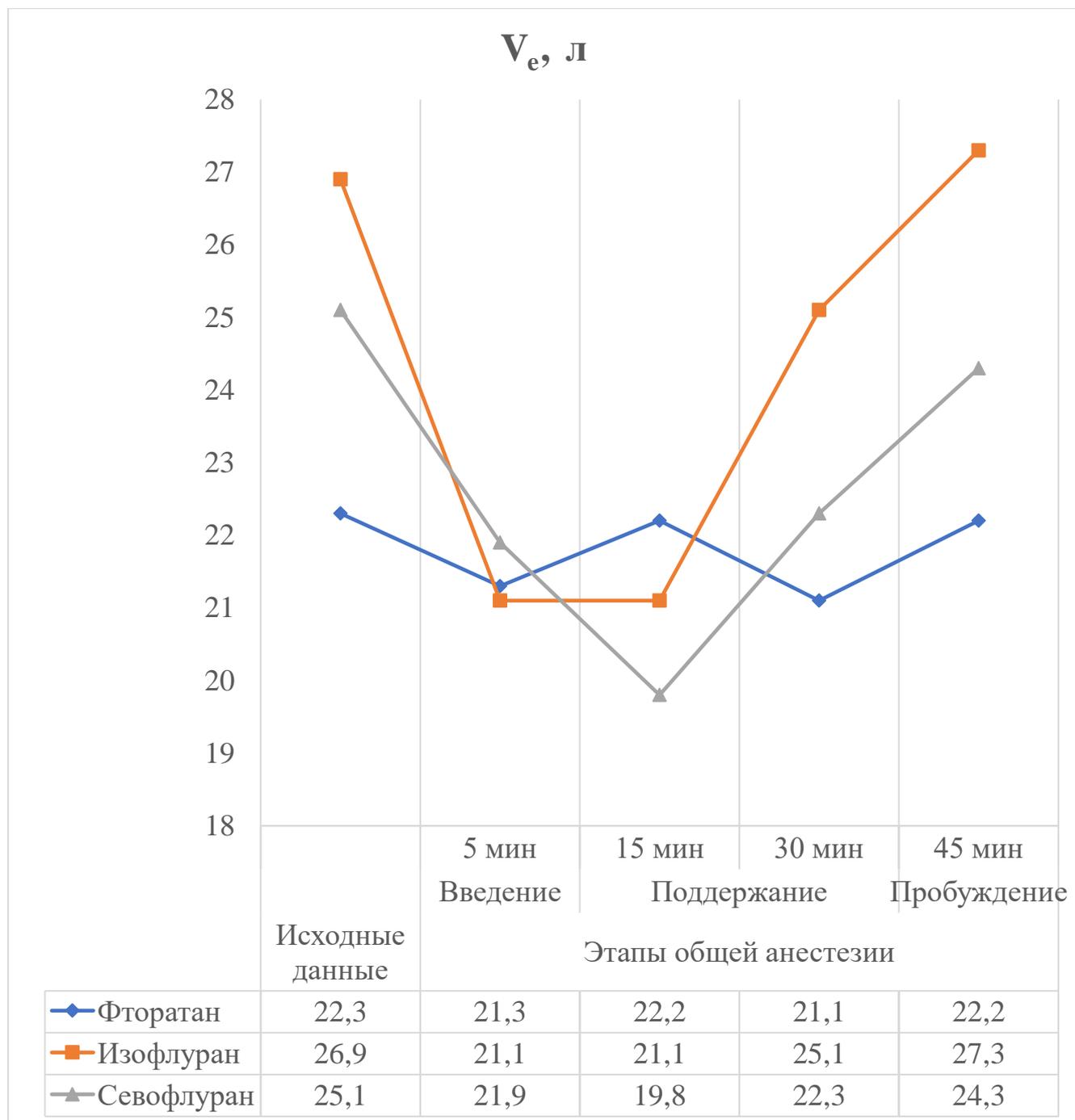


Рисунок 10 – Динамика изменения минутной вентиляции легких ( $V_E$ ) у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

При использовании фторотана снижение величины  $V_E$  было незначительным и не имело выраженных отклонений от исходного уровня. Достоверное падение уровня вентиляции по сравнению с исходным значением

( $26,9 \pm 0,86$ ) отмечалось при применении изофлурана на этапе введения в анестезию и составляло  $21,1 \pm 1,06$ .

Максимального снижения величина  $V_E$  достигала при применении изофлурана и севофлурана на 15-й минуте поддержания анестезии за счёт выраженного урежения частоты и незначительного возрастания объема дыхания.

Наиболее быстрое восстановление объема минутной вентиляции легких и возврат к исходным значениям наблюдался при использовании изофлурана и на этапе пробуждения он уже составлял  $27,3 \pm 0,88$  л., что незначительно превышало исходные значения (рисунок 10).

Характеризуя одну из составляющих минутной вентиляции легких – показатель объема дыхания ( $V_T$ ), следует отметить, что его изменения носили несущественный характер при применении изофлурана и севофлурана, что нельзя утверждать, анализируя динамику дыхательного объема при фторотановой анестезии. Как показано в таблице 9, показатель объема дыхания ( $V_T$ ) на этапе введения в анестезию, имея выраженные отклонения относительно исходных данных при анестезии фторотаном и продолжая снижаться, достиг минимального уменьшения на 37,5% на 15-й минуте поддержания анестезии, что отражено на рисунке 10. В остальные периоды фторотановой анестезии вплоть до периода пробуждения объем дыхания продолжал оставаться достоверно ниже дооперационной величины, постепенно увеличиваясь только на этапе пробуждения.

Таким образом, применение фторотана по сравнению с другими галогеносодержащими анестетиками приводило к значительному снижению дыхательного объема при ингаляционной анестезии лошадей, что указывало на развитие умеренной гиповентиляции, особенно в период введения и поддержания наркоза. На возвращение этого показателя к исходному уровню требовалось прекращение подачи анестетика, что происходило в период пробуждения и восстановления животного.

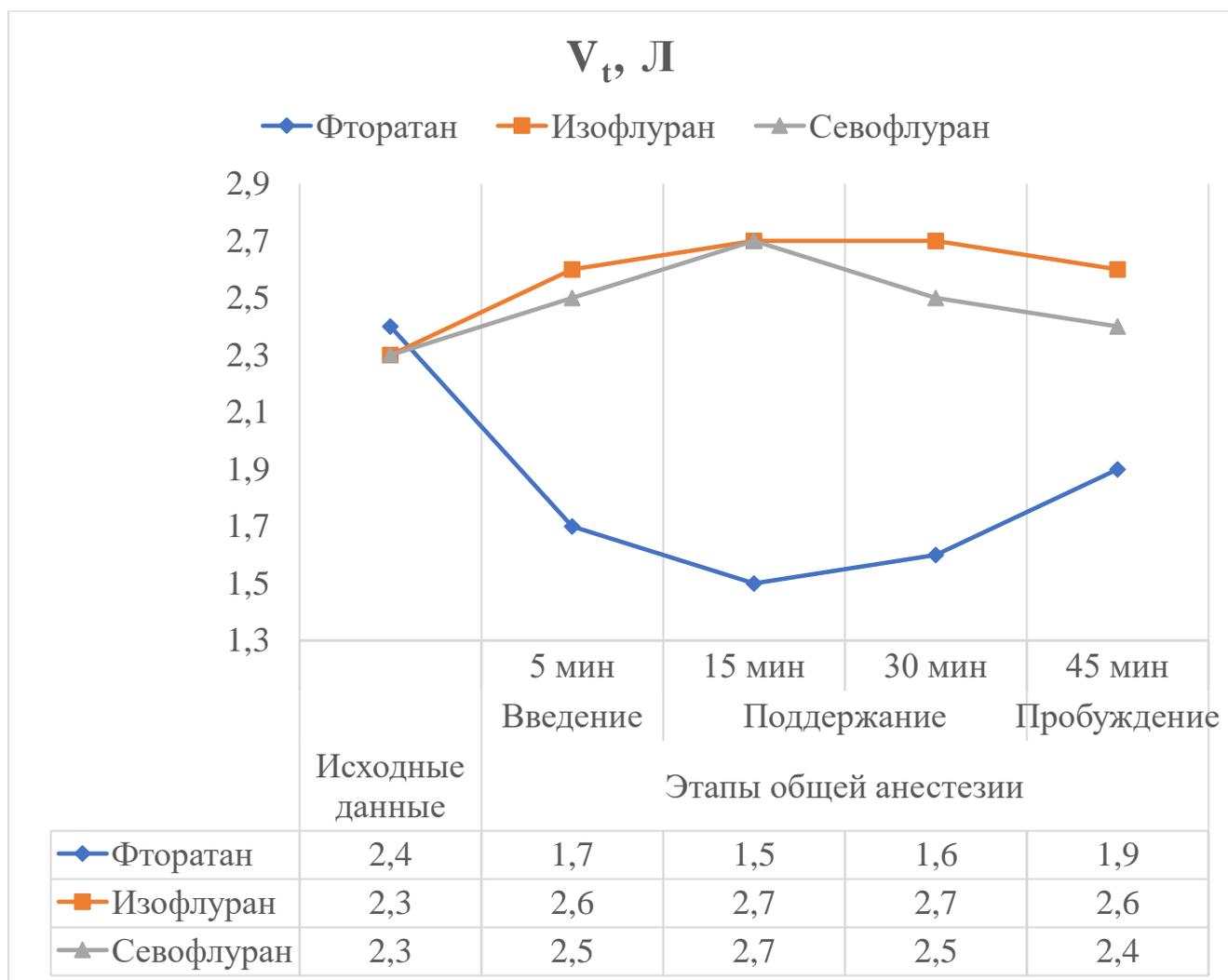


Рисунок 10 – Динамика изменения величины дыхательного объема ( $V_T$ ) у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

Анализируя динамику показателя частоты дыхания ( $f$ ) при применении галогенсодержащих анестетиков, следует отметить, что уже на этапе введения при анестезии фторотаном и изофлураном имелись достоверные изменения этого показателя. При применении фторотана на 5-й минуте частота дыхания увеличивалась на 34,4%, а при применении изофлурана снижалась на 29,9% по сравнению с исходным уровнем. Но наиболее выраженные изменения этого показателя наблюдались на 15-й минуте от начала ингаляции анестетиков, что отражено на рисунке 11. При этом при анестезии фторотаном частота дыхания продолжала увеличиваться и достигала максимальных значений  $14,8 \pm 0,75$ , а при анестезии изофлураном и севофлураном продолжала снижаться соответственно

на -33,3% и на -31,2%. Следует отметить, что увеличение частоты дыхания при фторотановом наркозе, несмотря на достоверное снижение дыхательного объема ( $V_T$ ) на всех этапах наркоза обеспечивало поддержания уровня вентиляции легких у животного на значениях, близких к исходным.

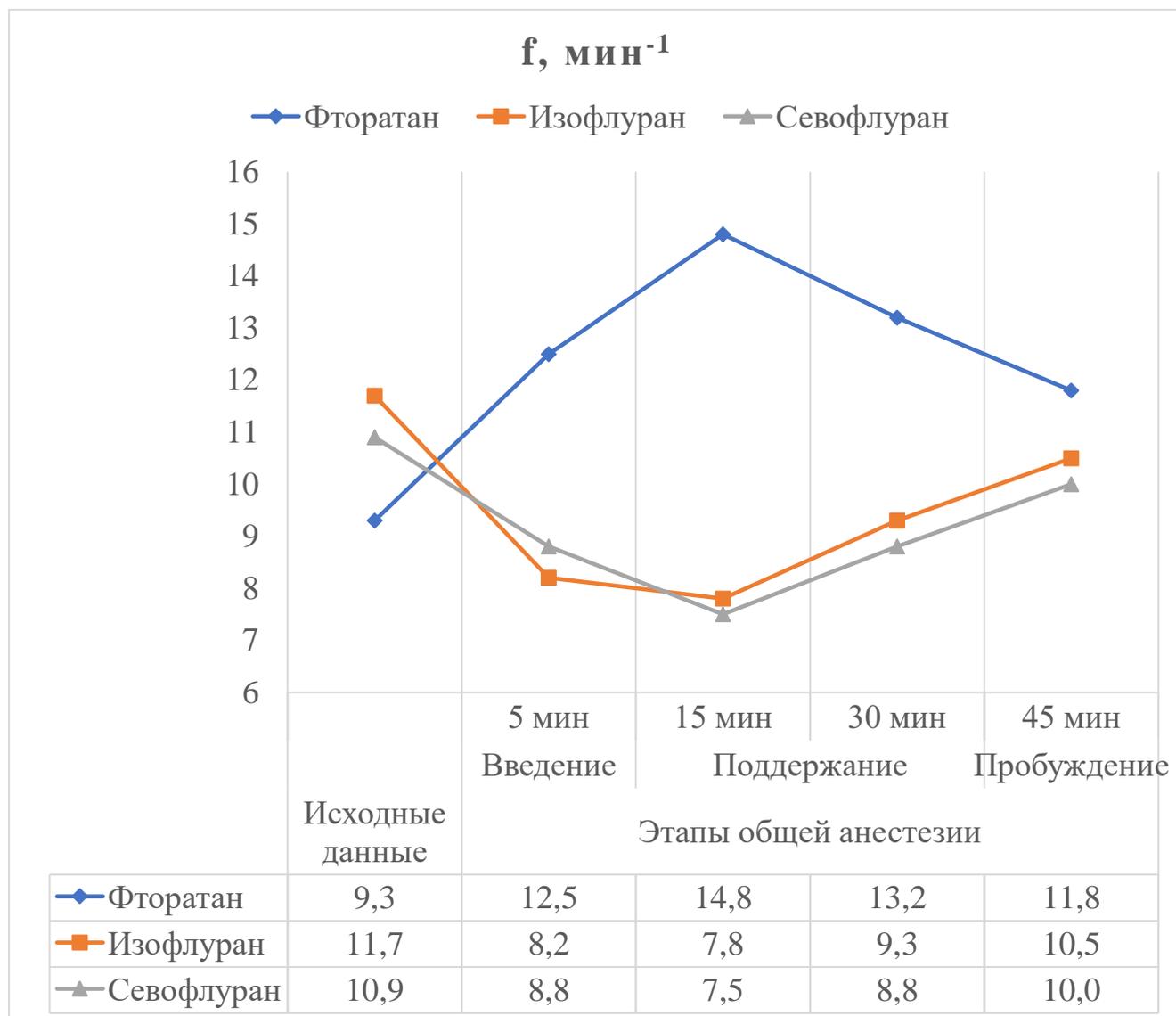


Рисунок 11 – Динамика изменения частоты дыхания у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

Для определения функционального состояния газообменной эффективности легочной вентиляции после регистрации перечисленных количественных показателей внешнего дыхания, проводился качественный анализ работы системы дыхания на основе показателей отношения альвеолярной вентиляции к общей ( $V_A/V_E$ ) и вентиляционного эквивалента ( $EQO_2$ ). Показатель  $V_A/V_E$  необходим для

определения эффективности газообмена, так как характеризует уровень альвеолярной вентиляции, то есть той части объема воздуха, которая непосредственно участвует в газообмене. Как наглядно показано на рисунке 12, отношение альвеолярной вентиляции к общей уменьшалось как при ингаляционной анестезии фторотаном, так и при применении изофлурана и севофлурана.

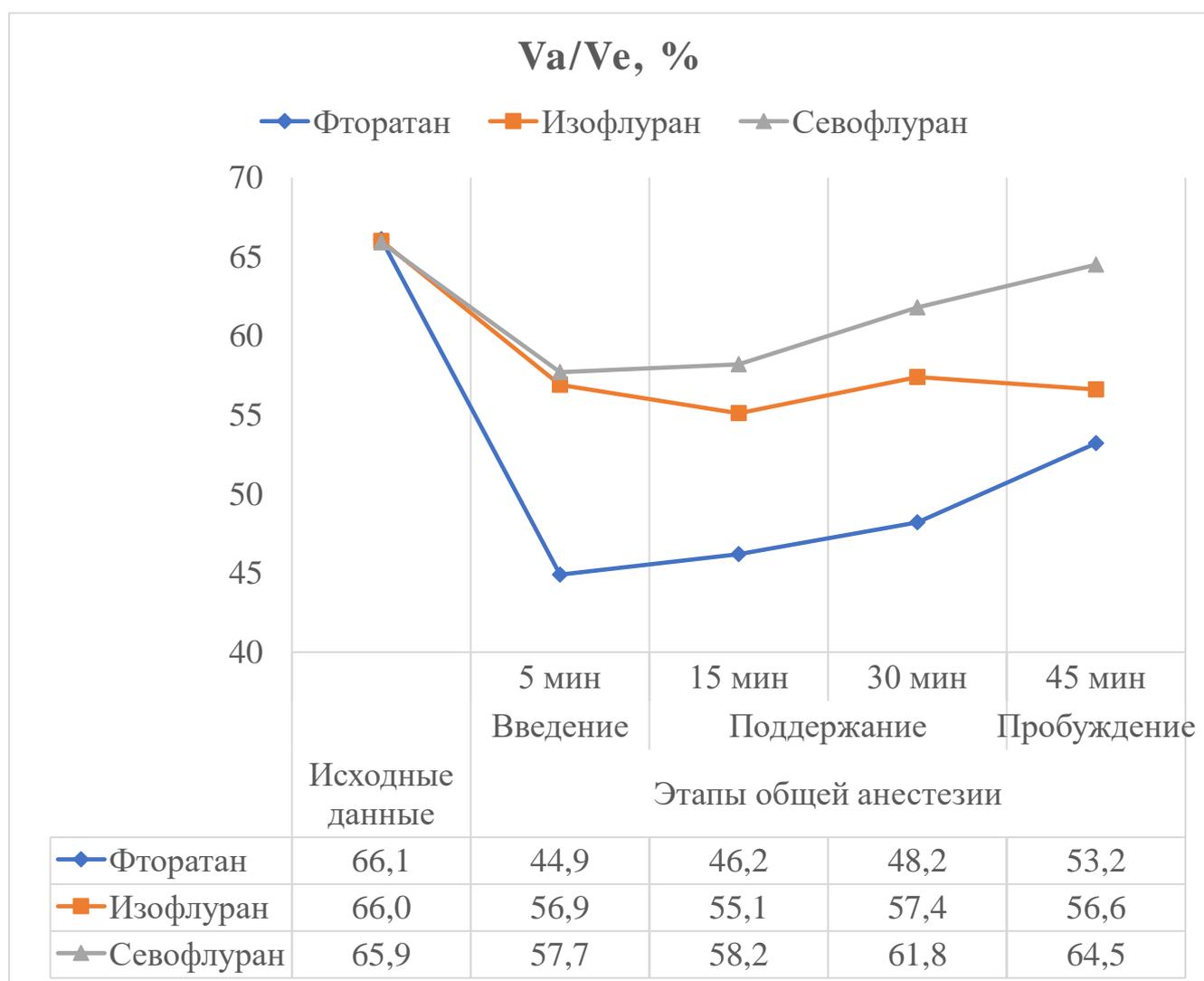


Рисунок 12 – Динамика изменения эффективности вентиляции у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

В первой группе исследуемых животных при использовании фторотана снижение объёма воздуха, участвующего в газообмене, было наиболее значительным, особенно в период введения, и составляло -32,1% по сравнению с исходным уровнем. Снижение уровня альвеолярной вентиляции при анестезии

изофлураном и севофлураном было менее выражено и составляло соответственно -13,8% и -12,4% от фонового значения, что позволяло избегать осложнений, связанных с угнетением функции дыхания во время проведения общей анестезии. Во второй половине наркоза во всех трех группах отмечалось улучшение газообменной эффективности, но уровень альвеолярной вентиляции не достигал исходной величины даже на выходе из наркоза, составляя в период пробуждения в первой группе – 80,5%, во второй группе при анестезии изофлураном – 85,8% и в третьей группе – 97,9% от дооперационного значения.

Таким образом, в третьей группе при анестезии севофлураном восстановление эффективности легочной вентиляции практически у всех лошадей достигало исходного уровня. Динамика изменения величины  $EQO_2$  показана на рисунке 13.

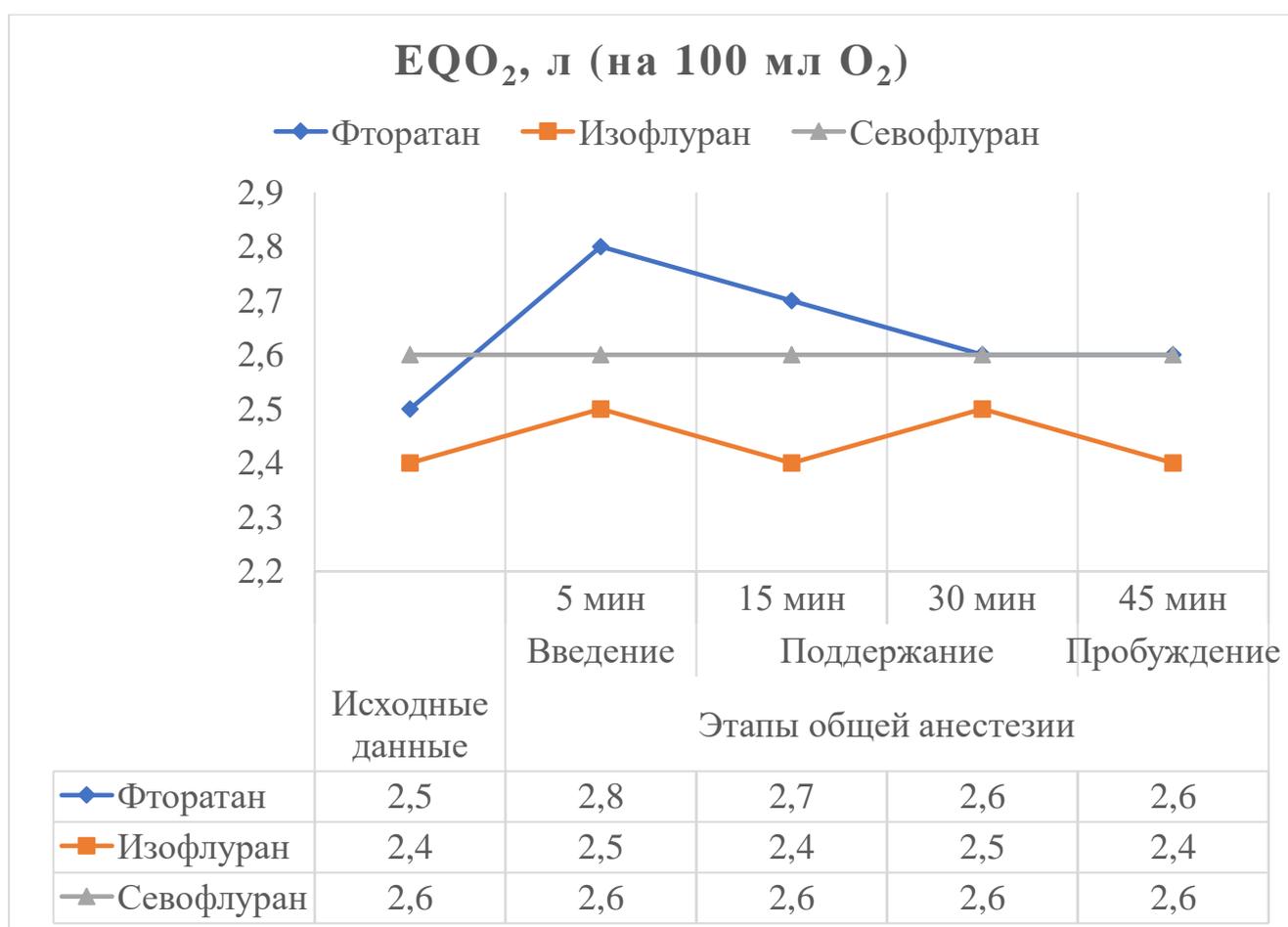


Рисунок 13 – Динамика изменения вентиляционного эквивалента по кислороду у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

Падение уровня газообмена в альвеолах отражалось и в увеличении вентиляционного эквивалента ( $E_{QO_2}$ ) по кислороду. Причем, большее увеличение  $E_{QO_2}$  – в среднем на 12% отмечалось при применении фторотана, в меньшей степени – в среднем на 4,2% регистрировалось при ингаляционной анестезии изофлураном, а при использовании севофлурана на всем протяжении общей анестезии он практически не менялся. Такая динамика указывала на стабильность показателей газообмена при применении изофлурана и севофлурана. Таким образом, при проведении ингаляционной анестезии фторотаном снижение экономичности внешнего дыхания было наиболее выражено, что требовало дополнительных «вентиляционных затрат» на каждые 100 мл кислорода, потребленного животным на всех этапах общей анестезии.

Таким образом, на начальных этапах поступления каждого из применяемых галогенсодержащих анестетиков в организм лошади происходило уменьшение уровня вентиляции легких.

Проведенный количественный и качественный анализ параметров внешнего дыхания необходимо проводить с учётом показателей кровообращения, газового состава крови и кислотно-основного состояния. Такая комплексная оценка помогает обеспечить функциональную устойчивость кардиореспираторной системы лошадей при применении галогенсодержащих анестетиков, прогнозировать возможные нарушения легочного газообмена и выбрать оптимальный способ общей анестезии для лошадей. Очевидна необходимость всестороннего исследования физиологических систем, обеспечивающих степень оксигенации крови у лошадей с целью раннего выявления осложнений, связанных с проведением общей анестезии. Поэтому было проведено исследование динамики показателей кровообращения при применении галогенсодержащих анестетиков, результаты которого приводятся в следующем разделе.

## 2.2.2 Динамика показателей кровообращения при применении галогенсодержащих анестетиков

Наряду с исследованием работы системы дыхания под воздействием применяемых на практике средств ингаляционной анестезии, нами были произведены измерения некоторых показателей, дающих представления о влиянии галогенсодержащих анестетиков на функционирование системы кровообращения у лошадей. На всех этапах общей анестезии (введение, поддержание, пробуждение) регистрировались показатели работы сердечно-сосудистой системы (ЧСС, АД, СНК).

Одним из наиболее доступных для определения показателей, характеризующих способность системы кровообращения доставлять кислород в условиях применения галогенсодержащих анестетиков, является частота сердечных сокращений. Результаты исследования этого показателя представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели кровообращения у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков ( $M \pm m$ )

Показатели кровообращения	Ингаляционный анестетик	Исходные данные	Этапы общей анестезии			
			Введение	Поддержание		Пробуждение
			5 мин.	15 мин.	30 мин.	45 мин.
ЧСС, мин <sup>-1</sup>	Фторотан	32,2±0,98	33,3±1,63	34,2±1,6	34,0±0,89	33,0±0,63
	Изофлуран	31,5±1,05	31,2±0,98	30,8±0,98	30,7±0,52	31,2±1,17
	Севофлуран	30,7±1,21	30,5±1,23	30,2±1,17	30,8±1,17	30,7±0,82
Пульсовое АД, мм.рт.ст	Фторотан	56,7±1,03	62,5±1,05*	62,2±1,17*	60,2±0,98*	62,8±1,17*
	Изофлуран	53,8±1,94	60,3±2,58*	63,7±0,82*	65,5±0,55*	69,2±1,17*
	Севофлуран	60,2±1,17	63,2±0,75*	63,7±1,03*	64,8±0,4*	67,5±0,54*

\* - разность средних величин по сравнению с исходными показателями статистически достоверна,  $p < 0,05$

В исходном состоянии в условиях относительного покоя при устойчивом состоянии у лошадей всех трёх групп разница в частоте сердечных сокращений (ЧСС) практически не обнаруживалась. Как следует из таблицы 10, различия величины ЧСС между группами при введении в анестезию были более выражены,

но статистически недостоверны. Так в первой группе при анестезии фторотаном увеличение частоты сердечных сокращений возросло до более высоких значений, чем во второй и третьей группах. На этапе поддержания анестезии фторотаном на 15-й минуте оно достигло максимального значения  $34,2 \pm 1,6$  сокращений сердца в минуту, что на 6,2% выше исходной величины (рисунок 13).

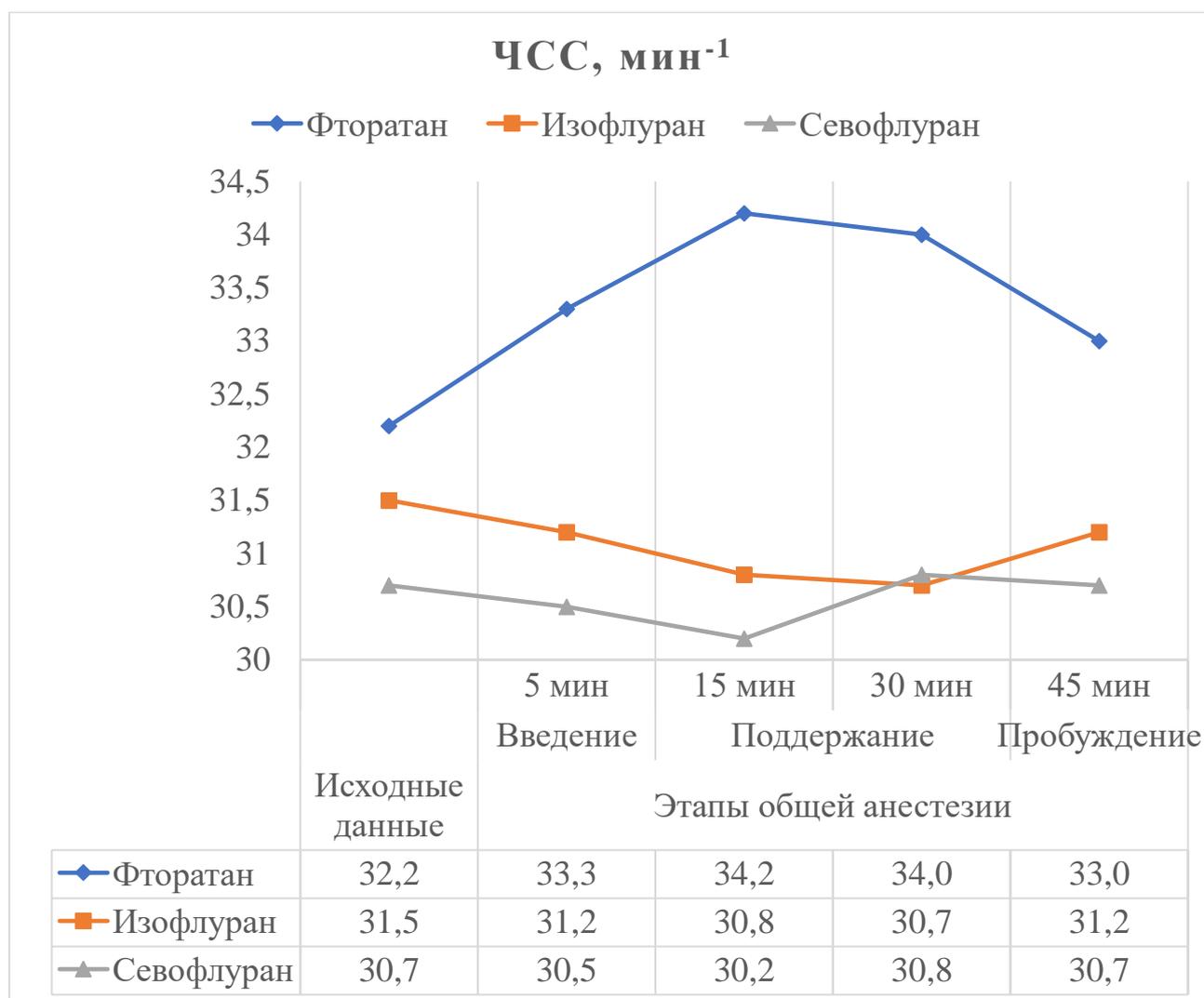


Рисунок 13 – Динамика изменения частоты сердечных сокращений у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

Затем на 30-й минуте поддержания и на этапе пробуждения ЧСС в первой группе имело тенденцию к уменьшению, что частично связано с угнетающим влиянием фторотана на симпатические ганглии и с расширением периферических сосудов. Как видно из графика на рисунке 13 показатель ЧСС в первой группе на этапе пробуждения стал возвращаться к исходному значению, но оставался выше,

чем во второй и третьей группах. Однако достоверных отличий выявлено не было. Как при анестезии изофлураном, так и при анестезии севофлураном частота сердечных сокращений незначительно снижалась на этапе поддержания наркоза, а на этапе пробуждения повышалась до исходного уровня. Изменения этого показателя во второй и третьей группах на всем протяжении анестезии и на выходе из наркоза также достоверно не отличались от фонового уровня. Так как в двух группах значения ЧСС были очень близки без каких-либо достоверных изменений во времени, можно предположить, что хронотропные эффекты севофлурановой и изофлурановой анестезии были почти одинаковыми.

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. В своей работе мы определяли пульсовое давление, которое является косвенным критерием ударного объема крови. Результаты исследования пульсового давления у лошадей на различных этапах ингаляционной анестезии представлены в таблице 10 и на рисунке 13.

Наибольшие изменения величины пульсового давления отмечались 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  $69,2 \pm 1,17$ , что на 28,6% выше исходного уровня. В первой группе повышение пульсового давления было достоверно значимым 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.

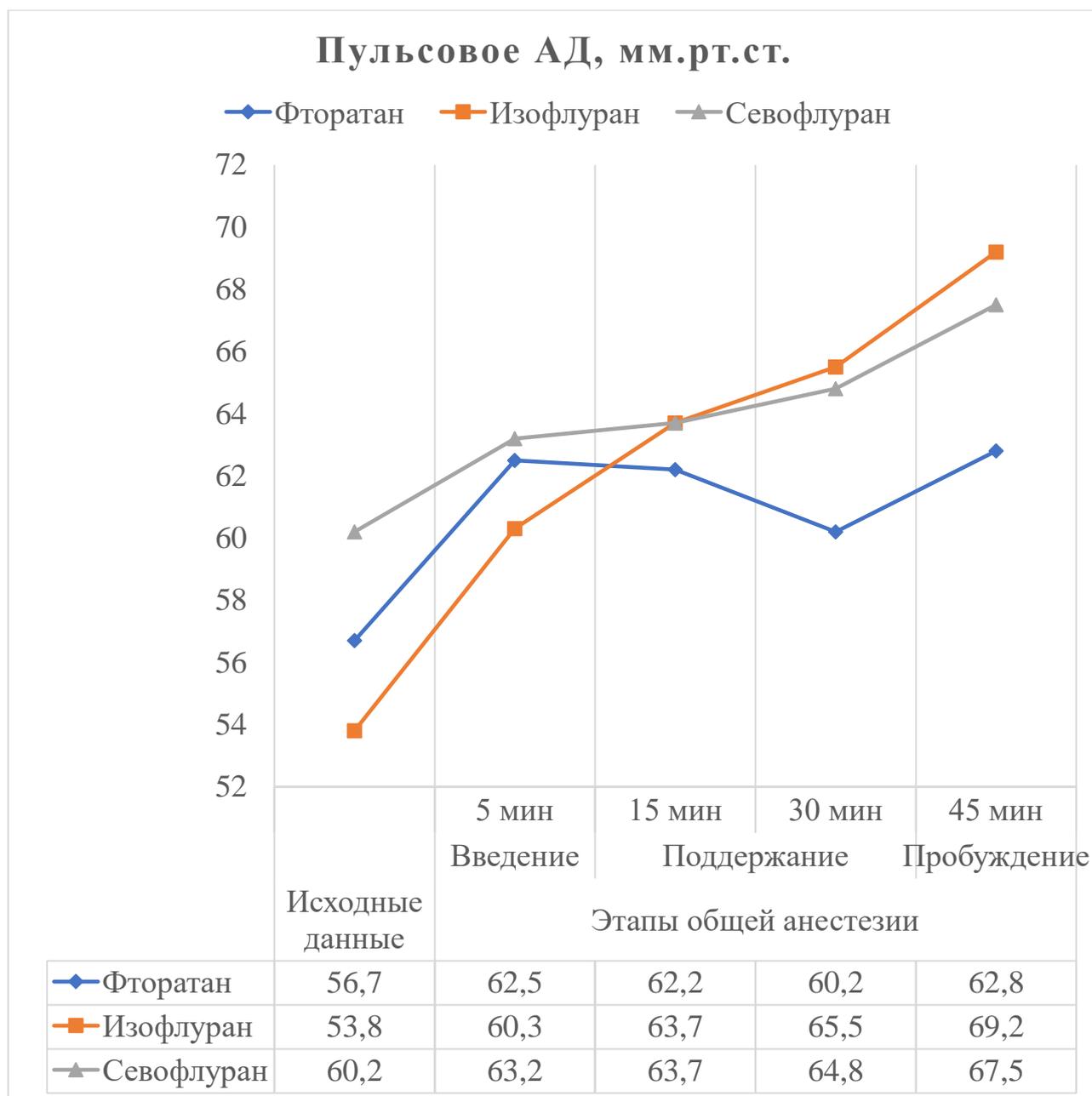


Рисунок 14 – Динамика изменения пульсового давления у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

Во время клинического использования галогенсодержащих анестетиков помимо определения частоты сердечных сокращений и пульсового АД во всех группах у животных определяли цвет видимой слизистой оболочки десен и скорость наполнения капилляров (СНК). На протяжении всех этапов общей анестезии цвет видимой слизистой оболочки десен оставался бледно-розовым, а показатель СНК оставался в пределах 1,5 – 2 секунд у всех исследуемых лошадей.

### **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. Это определило исследование и анализ следующих показателей:

1. Степень оксигенации кислородом, которая характеризовалась насыщением артериализованной крови кислородом ( $SaO_2$ ) и напряжением его в артериальной крови ( $PaO_2$ ).
2. Данные рН артериальной крови и его дыхательных и метаболических составляющих – напряжение углекислого газа ( $PaCO_2$ ) и дефицит буферных оснований (BE).

Степень оксигенации крови на всех этапах ингаляционной анестезии оценивалась также по клиническим признакам, которые характерны для гипоксемии и представлены в таблице 3. Но зрительное восприятие клинических признаков гипоксемии ввиду субъективности оценки не всегда позволяет судить об уровне оксигенации крови, поэтому проводился непрерывный неинвазивный оксигеметрический контроль за уровнем оксигенации крови у лошадей во всех группах при применении галогенсодержащих анестетиков. Данные оксигеметрии и динамика их изменений на этапах общей анестезии приведены в таблице 11 и на рисунке 15.

Исследование динамики насыщения крови кислородом ( $SaO_2$ ) во всех трех группах установило, что наиболее значительные достоверные изменения этого показателя в сторону уменьшения отмечались в период введения в анестезию. При этом в первой группе максимальное снижение на 9,6% 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.

Таблица 11 – Показатели газового состава и рН крови у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков ( $M \pm m$ )

Показатели газового состава и рН крови	Ингаляционный анестетик	Исходные данные	Этапы общей анестезии			
			Введение	Поддержание		Пробуждение
			5 мин.	15 мин.	30 мин.	45 мин.
SaO <sub>2</sub> , %	Фторотан	94,8±2,31	86,0 ±2,53*	85,7±1,63*	90,8±0,75*	93,8±1,47
	Изофлуран	96,2±1,94	90,7±2,16*	92,0±1,55*	93,8±1,17*	94,7±1,21
	Севофлуран	95,2±1,47	90,7±0,82*	92,8±1,33*	92,8±0,99*	93,3±1,63
PaO <sub>2</sub> , мм.рт.ст.	Фторотан	95,2±1,47	74,2±1,47*	78,8±1,72*	84,7±1,86*	92,8±2,14
	Изофлуран	95,0±1,79	87,7±2,66*	90,3±0,82*	92,7±1,21	94,8±1,17
	Севофлуран	95,2±0,75	87,7±2,16*	90,7±1,21*	91,3±1,5*	96,0±1,27
PaCO <sub>2</sub> , мм.рт.ст.	Фторотан	45,8±1,72	64,7±1,63*	62,7±1,5*	66,0±1,27*	65,3±1,03*
	Изофлуран	44,8±1,47	46,3±1,03	46,7±1,03	46,0±1,41	45,7±1,36
	Севофлуран	44,5±1,87	46,0±1,27	52,2±1,47*	56,7±1,21*	54,2±1,35*
рН	Фторотан	7,43±0,02	7,29±0,04*	7,31±0,02*	7,29±0,02*	7,33±0,02*
	Изофлуран	7,37±0,01	7,41±0,02*	7,43±0,01*	7,44±0,01*	7,42±0,02*
	Севофлуран	7,37±0,01	7,39±0,01*	7,36±0,01	7,34±0,01*	7,37±0,01

\* - разность средних величин по сравнению с исходными показателями статистически достоверна,  $p < 0,05$

Во второй и третьей группах достоверное снижение величины SaO<sub>2</sub> отмечалось только в период введения соответственно на 5,7% и на 4,7%, а на дальнейших этапах общей анестезии наблюдался рост этого показателя с достижением исходного уровня насыщения крови кислородом к концу периода пробуждения. Результаты исследования представлены на рисунке 16.

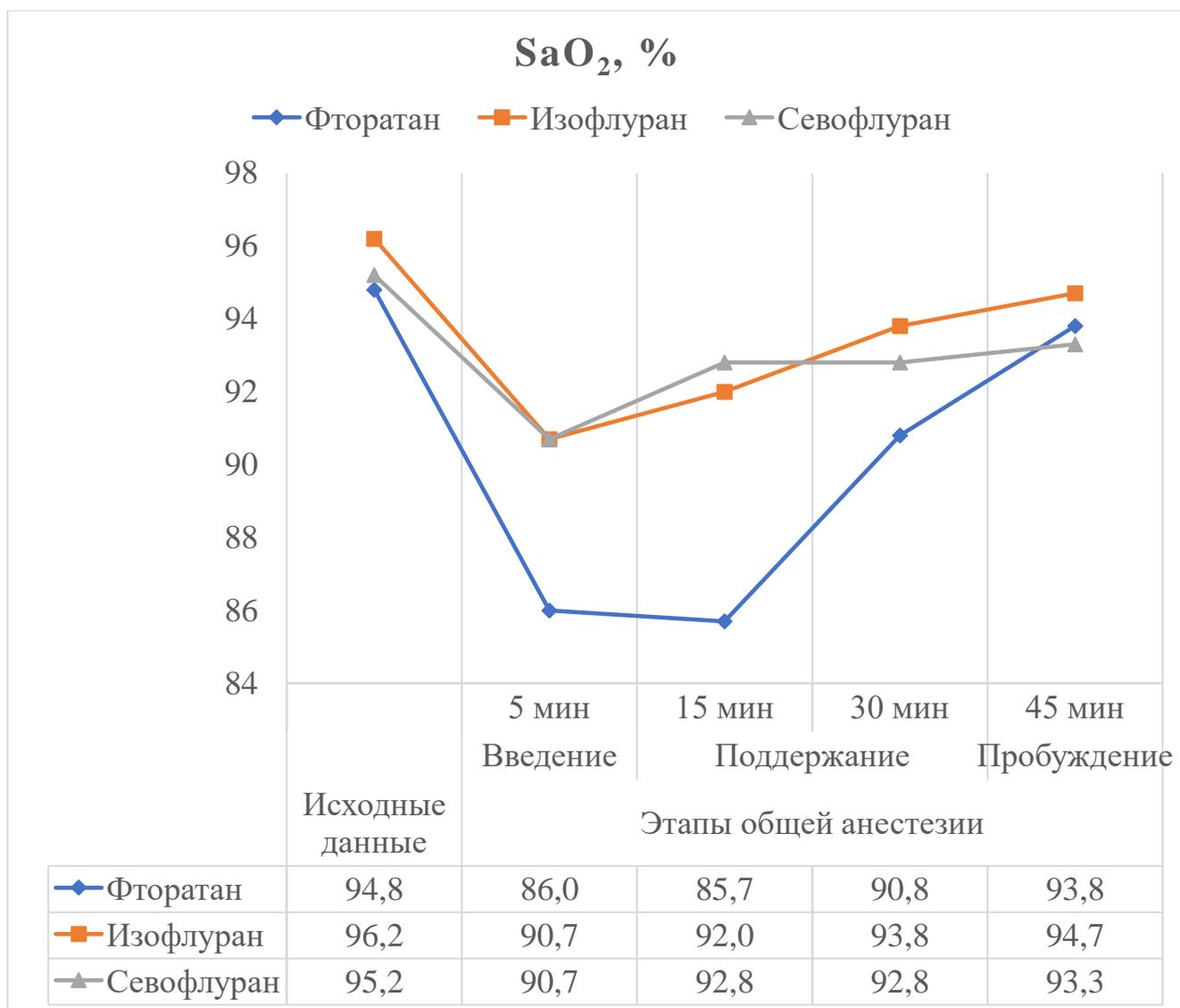


Рисунок 16 – Динамика изменения степени насыщения крови кислородом у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

Наряду с показателем SaO<sub>2</sub> степень оксигенации оценивалась определением напряжения кислорода в артериальной крови (PaO<sub>2</sub>) во время применения галогенсодержащих анестетиков путем исследования проб крови на портативном газоанализаторе I-STAT (рисунок 6). Динамика изменения парциального давления кислорода у лошадей на различных этапах общей анестезии представлена на рисунке 17.

Оценивая динамику показателя напряжения кислорода в артериальной крови (PaO<sub>2</sub>), можно говорить о более выраженном снижении его уровня на всех этапах анестезии фторотаном в первой группе исследуемых животных.

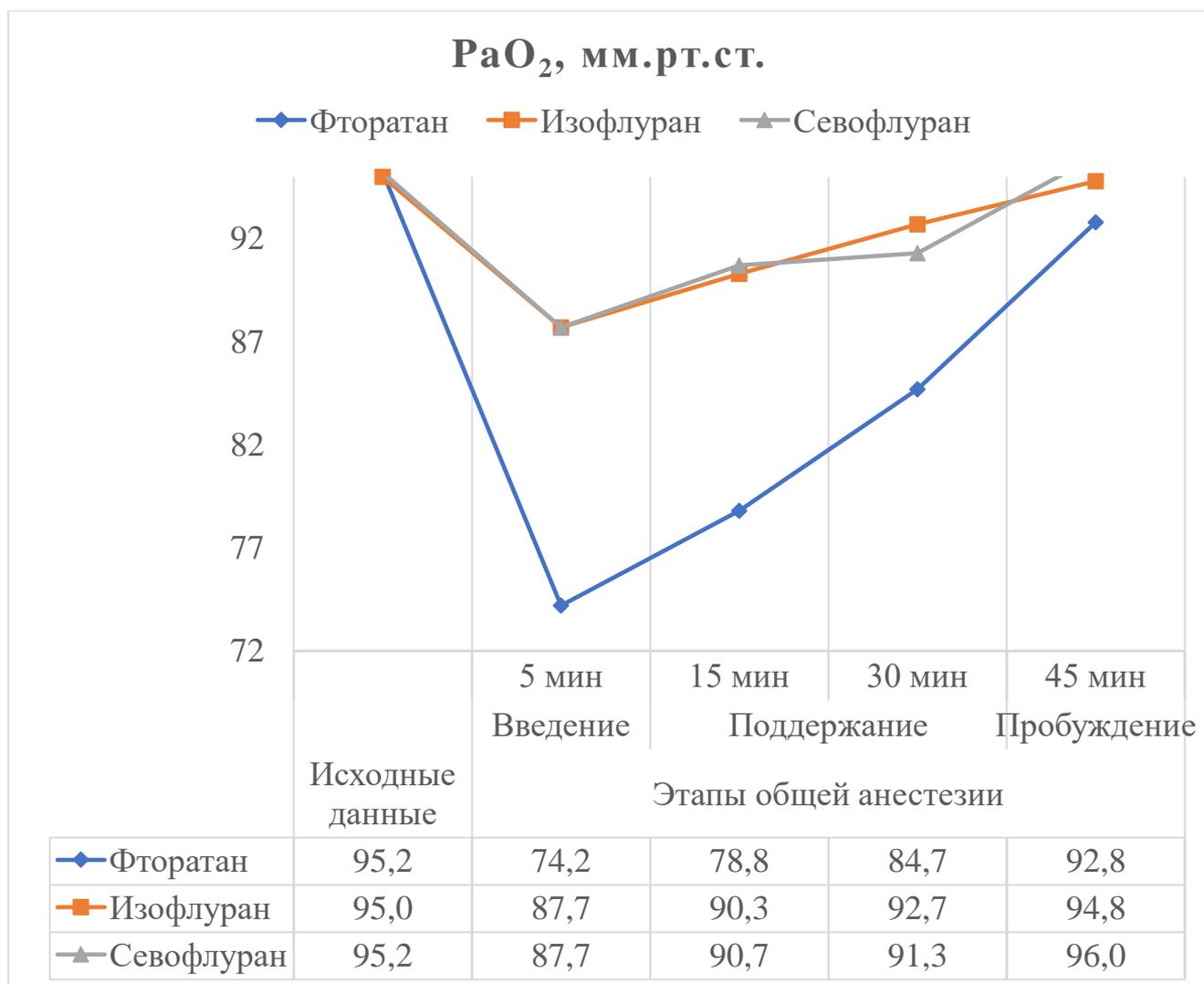


Рисунок 17 – Динамика изменения парциального давления кислорода у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

Достоверные различия в величинах PaO<sub>2</sub> имели место в период введения в наркоз во всех группах лошадей, находящихся под воздействием галогенсодержащих анестетиков. В первой группе отмечалась умеренная гипоксемия, так как снижение PaO<sub>2</sub> до 74,2±1,47 мм.рт.ст. было наиболее значимым в сравнении с исходным уровнем 95,2±1,47 мм.рт.ст. и составило 22,1%. В период поддержания анестезии на 15-й минуте показатель PaO<sub>2</sub> оставался достоверно низким в первой и второй группах. В первой группе он был значительно ниже, чем в остальных группах вплоть до периода пробуждения. А во второй и третьей группах различия в показателе PaO<sub>2</sub> были незначительны, и

он восстановился в обеих группах до исходных значений к 45-й минуте периода пробуждения.

Таким образом, анализ результатов 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.

Показатель напряжения углекислого газа в артериальной крови ( $PaCO_2$ ) определялся для комплексной оценки состояния газообмена и эффективности легочной вентиляции. Регистрация показателя  $PaCO_2$  в ходе применения галогенсодержащих анестетиков у лошадей позволяла выявить на раннем этапе развитие гиперкапнии и произвести коррекцию выявленных нарушений функции дыхательной системы.

В первой группе животных показатель  $PaCO_2$  на всём протяжении наркоза значительно отличался от исходных данных. У лошадей при анестезии фторотаном в сравнении с животными второй и третьих групп уже на 5-й минуте вводной анестезии отмечалось достоверное увеличение напряжения углекислого газа в артериальной крови до  $64,7 \pm 1,63$  мм.рт.ст., что на 41,3% выше исходного уровня. Это привело к развитию выраженной гиперкапнии у большинства животных первой группы. Во второй группе данный показатель на всём протяжении анестезии изофлураном был относительно стабилен и 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 30-й

минуте анестезии севофлураном. В период пробуждения по прекращении подачи анестетика показатель  $PaCO_2$  постепенно снижался и составил  $54,2 \pm 1,35$  мм.рт.ст., что достоверно ниже, чем при анестезии фторотаном у первой группы лошадей. Динамика изменений величины  $PaCO_2$  во всех группах исследуемых животных отражена на рисунке 18.

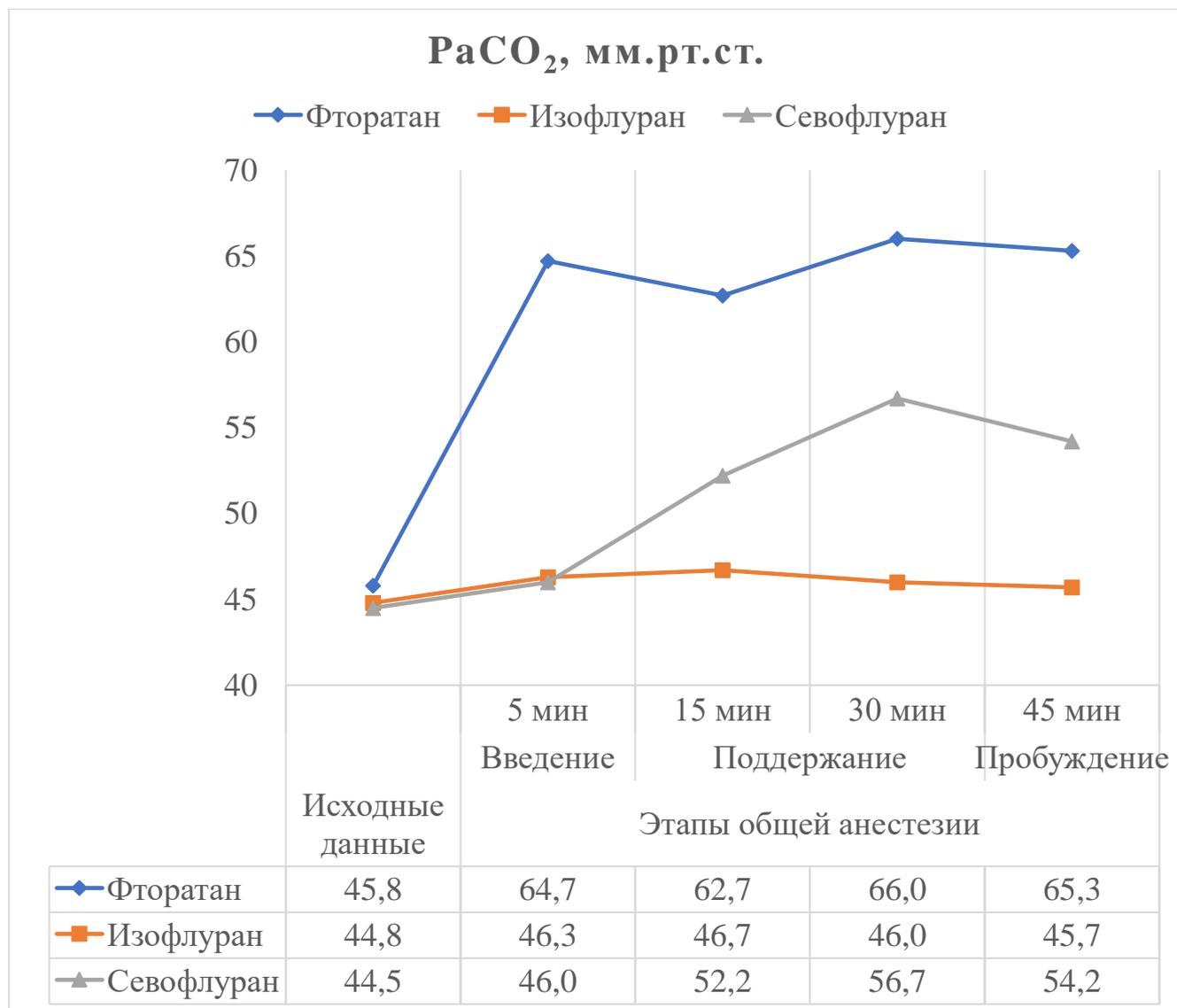


Рисунок 18 – Динамика изменения напряжения углекислого газа у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

Изменения показателей газового состава крови под влиянием примененных галогенсодержащих анестетиков отражаются на КОС крови, поэтому был исследован показатель кислотно-основного состояния – рН крови, отражающий способность организма поддерживать постоянство внутренней среды.

Умеренная и выраженная гиперкапния, которая имела место у лошадей при использовании фторотана и севофлурана сопровождалась повышением величины  $P_aCO_2$ . Как следствие избытка  $CO_2$  было не только повышение  $P_aCO_2$ , но и снижение  $[HCO_3^-]$ , в силу того, что часть ионов бикарбоната  $[HCO_3^-]$  уходит на нейтрализацию ионов водорода  $[H^+]$ , образовавшихся в результате диссоциации угольной кислоты. Всё это приводит к снижению концентрации метаболического компонента и увеличению дыхательного компонента. В результате отношение в уравнении Гендерсона-Гессельбаха уменьшается и показатель рН смещается в кислую сторону. Достоверное уменьшение рН 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, что отражено на рисунке 19.

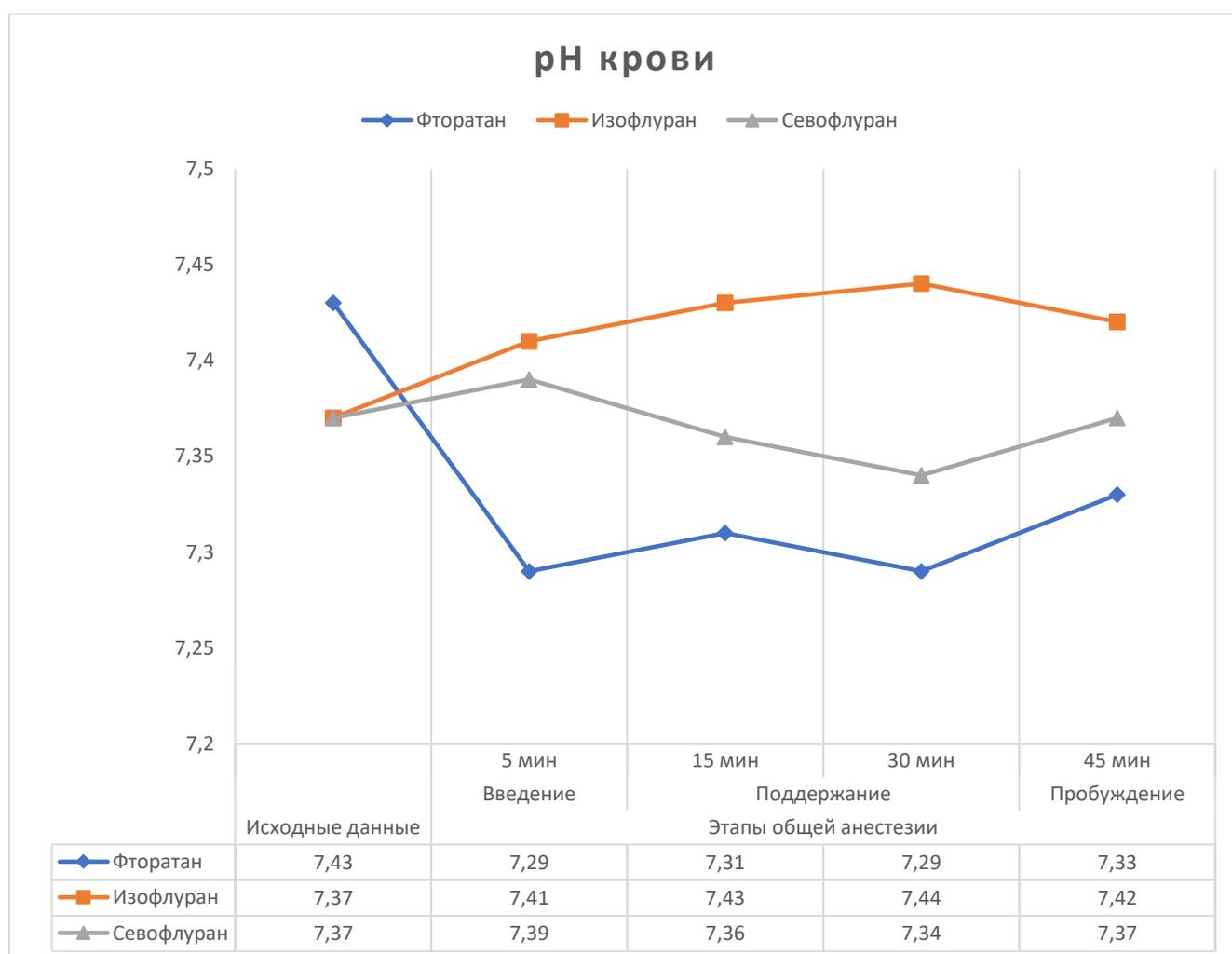


Рисунок 19 – Динамика изменения величины рН крови у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков.

У лошадей второй группы на этих этапах анестезии не было значимых сдвигов рН, а при анестезии севофлураном имелась лишь тенденция к сдвигу рН крови в кислую сторону с достоверным уменьшением до  $7,34 \pm 0,01$  на 30-й минуте поддержания наркоза за счет увеличения дыхательного компонента. В остальные периоды наркоза существенных сдвигов рН крови при применении галогенсодержащих анестетиков не наблюдалось. В период пробуждения величина рН крови в третьей группе возвращалась к исходному уровню быстрее, чем при анестезии фторотаном.

Таким образом, результаты исследований влияния галогенсодержащих анестетиков на эффективность газообмена показали, что изменения газового состава крови более выражены при ингаляционной анестезии фторотаном. Причем наибольшие изменения отмечались в период введения и выведения из наркоза и касались величин  $PaO_2$  и  $PaCO_2$ . Уровень насыщения крови кислородом менялся только в период введения в анестезию. Величина оксигенации крови на остальных этапах обезболивания, несмотря на имевшие место случаи изменения  $SaO_2$  во второй и третьей группах оставалась стабильной. Это объяснялось тем, что оксигенированной артериальной крови соответствует плато кривой диссоциации гемоглобина. Достоверное изменение величины рН крови в кислую сторону у исследуемых лошадей определялось изменением дыхательного компонента и отмечалось только в период введения и поддержания при анестезии фторотаном. Проведенный сравнительный анализ газового состава и показателей КОС крови при использовании различных галогенсодержащих анестетиков позволил определить возможные механизмы нарушений легочного газообмена и пути профилактики таких нарушений при проведении общей анестезии у лошадей.

#### **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. 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.

В связи с этим нами было проведено исследование по регистрации времени восстановления животных во всех трёх группах по завершении поступления в организм лошади галогенсодержащего анестетика.

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 составляли у животных I группы –  $43,0 \pm 3,9$  сек, во II группе –  $29,0 \pm 2,3$  сек и в III группе –  $24,0 \pm 1,8$ . Существенных различий в средних величинах II и III группами выявлено не было. Статистическая достоверность между группами составляла при  $p > 0,05$   $t_{st} = 1,4$ . Высоко значимые статистические различия по времени, затраченному на восстановление физиологического положения, определялись между I и III группами и между II и III группами. В первом случае коэффициент Стьюдента составлял при  $p < 0,01$   $t_{st} = 7,2$ , во втором – при  $p < 0,01$   $t_{st} = 6$ . Время, затраченное на подъем каждого животного представлены в таблице 12. Среднее время подъема для каждой группы представлены на рисунке 20.

Таблица 12 - Период пробуждения у исследуемых лошадей (от момента отключения от наркозного аппарата до подъёма, мин.)

Группы исследуемых животных	
I группа – Фторотан	Время, мин
Лошадь № 1	42,0
Лошадь № 2	39,0
Лошадь № 3	44,0
Лошадь № 4	38,0
Лошадь № 5	35,0
Лошадь № 6	44,0
II группа – Изофлуран	
Лошадь № 7	26,0
Лошадь № 8	34,0
Лошадь № 9	28,0
Лошадь № 10	25,0
Лошадь № 11	30,0
Лошадь № 12	29,0
III группа – Севофлуран	
Лошадь № 13	23,0
Лошадь № 14	25,0
Лошадь № 15	27,0
Лошадь № 16	25,0
Лошадь № 17	22,0
Лошадь № 18	21,0
Среднее время пробуждения	
Фторотан	40,3±3,9
Изофлуран	29,0±2,3
Севофлуран	24,0±1,8

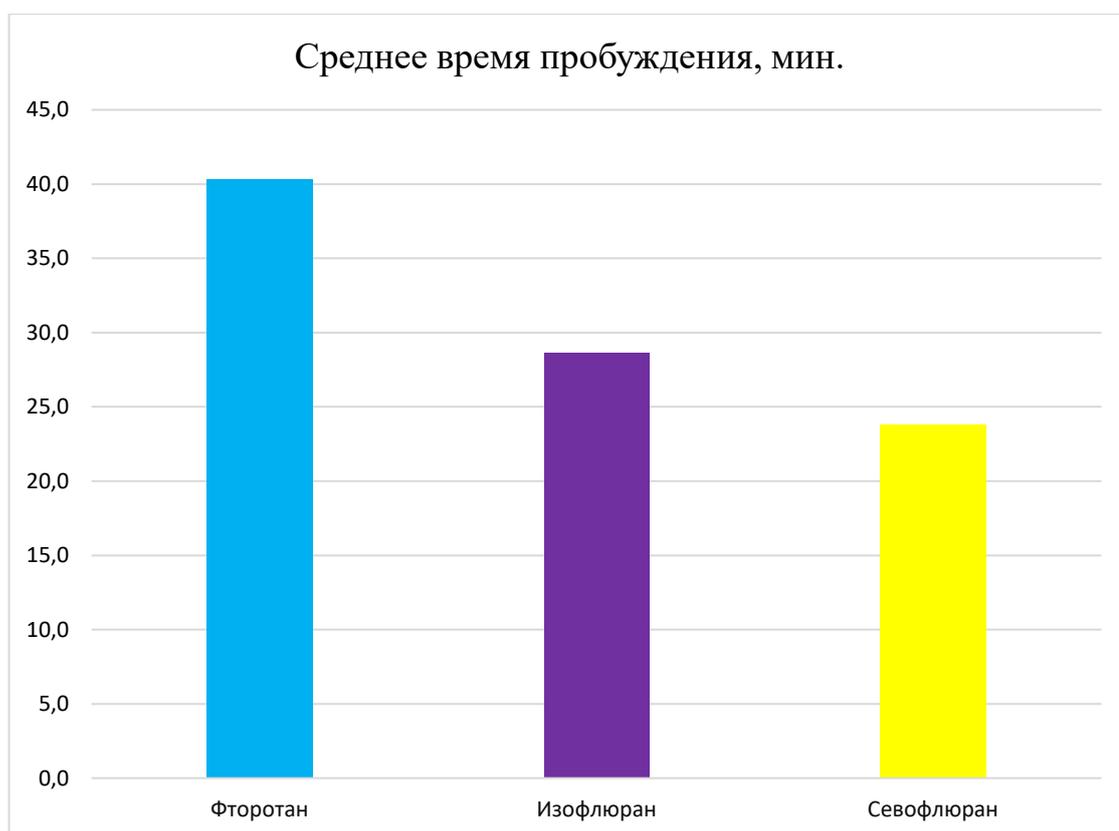


Рисунок 20 – Среднее время от момента прекращения подачи ингаляционного анестетика до подъема животного в исследуемых группах.

Анализируя данные, представленные на рисунке 20, можно сделать вывод, что при использовании фторотана период пробуждения был более продолжительным, чем при использовании изофлурана и севофлурана. Также следует отметить, что для улучшения эффективности работы дыхательной системы и ускорения пробуждения животного особенно после анестезии фторотаном нами производилась коррекция газообмена путём дополнительной подачи  $O_2$  пациенту, как показано на рисунке 21 через дыхательную маску (Патент Российской Федерации № 202204, Приложение А).

Полученная в ходе проведенных исследований количественная характеристика показателей функции дыхания и кровообращения у лошадей в динамике и учёт времени, затраченного на восстановление животного в условиях применения галогенсодержащих анестетиков, позволили дать оценку функциональной устойчивости кардиореспираторной системы у лошадей во всех обследуемых группах.



Рисунок 21 - Коррекция показателей газообмена на этапе пробуждения с использованием дыхательной маски для лошадей (Патент Российской Федерации № 202204).

Проведенные исследования свидетельствуют о различном времени восстановления лошади и возврата в естественное физиологическое положение в зависимости от применяемого галогенсодержащего анестетика. Анализ полученной информации и сопоставление с физиологическими параметрами жизнеобеспечивающих систем (дыхания и кровообращения) позволит определить функциональное состояние и устойчивость органов, систем и всего организма в целом в условиях проведения общей ингаляционной анестезии.

Сравнивая время восстановления животных при применении галогенсодержащих анестетиков, можно сделать вывод, что в третьей группе после использования севофлурана наиболее вероятен быстрый выход из общей анестезии. Но также следует помнить, что для лошадей слишком резкое пробуждение связано с рисками получения серьёзных травм, которые могут привести к эвтаназии животного.

### 3. Заключение

#### 3.1 Обсуждение результатов исследования

На территории Российской Федерации идёт активное развитие конной индустрии. Ежегодно увеличивается поголовье лошадей. Параллельно увеличивается и потребность в проведении у лошадей диагностических и оперативных вмешательств с использованием современных средств общей анестезии.

При проведении врачебных манипуляций, требующих общей анестезии, организм испытывает стресс. Под воздействием любого повреждающего фактора, к которым относится как хирургическая вмешательство, так и средство общей анестезии ослабляются компенсаторно защитные механизмы функциональных систем животного, которое стремится сохранить постоянство своей внутренней среды. Успех или неудача в этом стремлении определяет жизнь или смерть организма. В таких ситуациях обеспечение функционирования его органов и систем и поддержание постоянства внутренней среды является основной задачей анестезиологического пособия при оперативных и диагностических вмешательствах у животных.

Развитие анестезиологии позволяет минимизировать анестезиологические риски как во время использования общей анестезии, так и в послеоперационный период. Одним из самых важных аспектов любого анестезиологического пособия является обеспечение адекватного функционирования кардиореспираторной системы. По утверждению О. Р. Полатайко (2009) и Kate R. Loomes (2019) одной из самых главных и распространённых причин нарушения работы кардиореспираторной системы и послеоперационных осложнений является человеческий фактор (рисунок 22).

Первым этапом при подготовке к проведению общей анестезии при использовании галогенсодержащих анестетиков – проверка и подготовка оборудования, прежде всего наркозно-дыхательной аппаратуры (НДА). Все соединения на анестезиологическом аппарате должны быть герметичны, клапаны дыхательного контура должны работать исправно. Интубационная трубка должна

быть целой (особое внимание уделяется манжете и отсутствию повреждений на самой трубке). Необходимо проверять оборудование для подачи газа (наличие/отсутствие газа, исправность работы редуктора газового баллона, исправность работы кислородного концентратора). Приборы для мониторинга за состоянием ССС и ДС подбираются для конкретного случая, должны адекватно функционировать и быть откалиброваны.

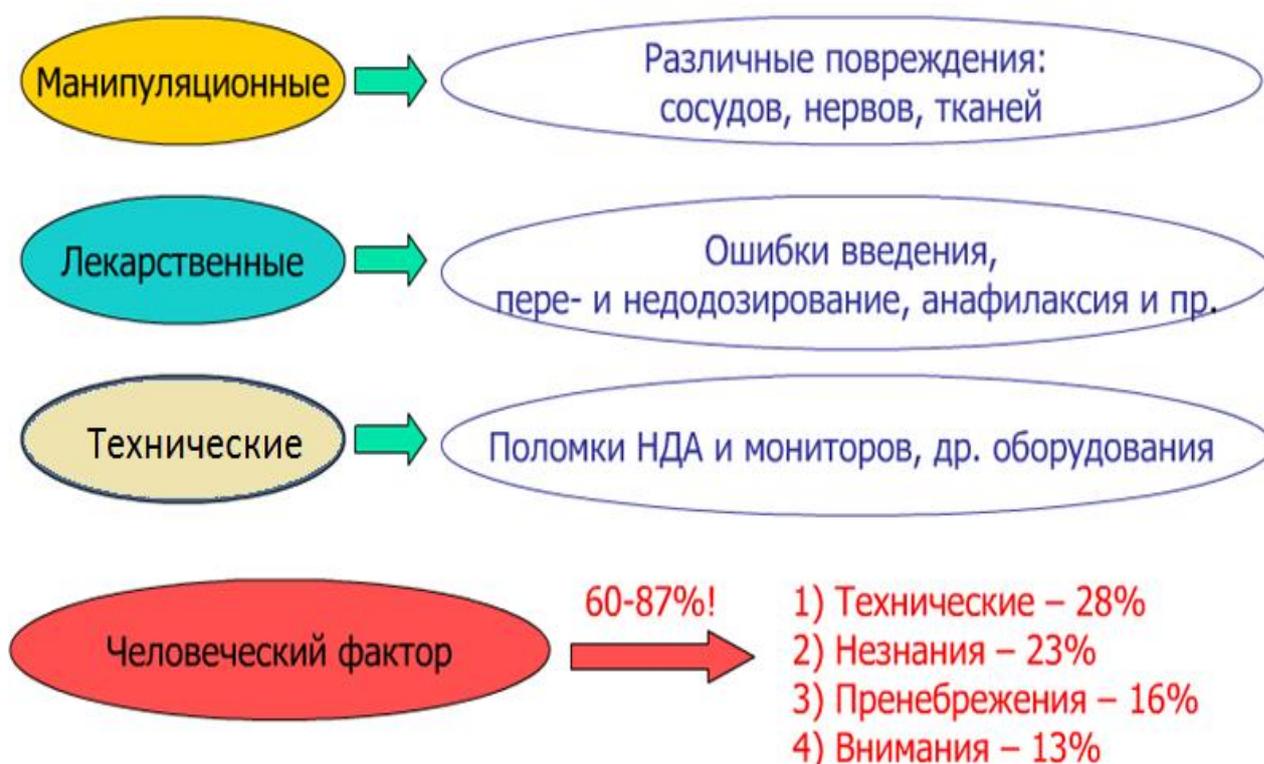


Рисунок 22 – Причины осложнений при проведении общей анестезии.

Следующим этапом является сбор анамнеза и оценка состояния животного. Данные действия помогут подобрать адекватное анестезиологическое пособие и снизить риски, связанные с общей анестезией, как во время операции, так и в послеоперационный период.

Подбор адекватного анестезиологического пособия на всех этапах: премедикации, вводной анестезии, поддержания наркоза и пробуждения должен производиться для каждого случая индивидуально. Также следует помнить про организацию рабочего места ветеринарного врача-анестезиолога (все

необходимое должно быть под рукой). Всё перечисленное позволяет снизить анестезиологические риски, связанные с человеческим фактором.

Для реализации задач, поставленных в ходе проведения исследования, нами была произведена комплексная оценка функции дыхания и кровообращения лошадей путем изучения количественных и качественных показателей внешнего дыхания, сердечной деятельности и газового состава крови. Особенность проведенных исследований заключалась в том, что функция внешнего дыхания изучалась в динамике, то есть до, во время и после воздействия дозированных галогенсодержащих анестетиков. Это позволило вовремя выявить изменения легочного газообмена и кровообращения у лошадей на всех этапах наркоза, произвести необходимую коррекцию и обеспечить функциональную устойчивость жизненно важных систем организма в условиях ингаляционной анестезии.

В течение общей анестезии по строгим клиническим критериям определялись этапы, стадии и уровни наркоза (раздел 2.1.2). Подача применяемых в работе ингаляционных анестетиков к объектам исследования обеспечивалась отечественным портативным наркозным аппаратом Минивап-200S с универсальным испарителем, обеспечивающим стабильную концентрацию каждого из выбранных галогенсодержащих анестетиков при любом газотоке. В процессе проведения исследований была разработана дыхательная маска для лошадей (Патент Российской Федерации № 202204, Приложение А), позволившая проводить подачу анестетика от аппарата к лошади на этапе введения в наркоз, а также кислородную ингаляцию на этапе пробуждения.

Непосредственно при проведении общей анестезии галогенсодержащими анестетиками (фторотан, изофлуран, севофлуран) оценивалось функциональное состояние кардиореспираторной системы лошадей по следующим показателям: частота дыхания ( $f$ ), дыхательный объем ( $V_T$ ), минутная вентиляция ( $V_E$ ), эффективность вентиляции ( $V_A/V_E$ ), вентиляционный эквивалент ( $EQO_2$ ), частота сердечных сокращений, пульсовое давление, скорость наполнения капилляров, газовый состав крови ( $SaO_2$ ,  $PaO_2$ ,  $PaCO_2$  и pH крови). После проведения

исследований все данные проходили обработку при помощи вариационной статистики. Определялись среднее арифметическое и его ошибка. Также рассчитывали принадлежность крайних величин к анализируемому ряду. Различия считали достоверными при  $p > 0,95$ .

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 29,2%, 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 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.

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 ( $26,9 \pm 0,86$ ) отмечалось при применении изофлурана на этапе введения в анестезию и составляло  $21,3 \pm 0,6$ . Достоверного снижения на 21,1% от фонового значения величина  $V_E$  достигала при применении севофлурана на 15-й минуте поддержания анестезии за счёт выраженного урежения частоты ( $f$ ) и незначительного возрастания объема дыхания ( $V_T$ ). По мнению ряда исследователей, такую динамику изменений  $V_E$  определяет разнонаправленность составляющих его величин, то есть частоты дыхательных

движений и глубины дыхательного объема (Grosenbaugh A. D., Muir W. W., 1998; Mosing M., Senior J. M., 2018).

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. То есть в этих группах по мере выведения анестетика из организма объем эффективной вентиляции возвращался к исходному уровню быстрее, чем при применении фторотана, что подтверждается трудами зарубежных авторов (Steffey E. P., Mama K. R., Galey F. D. et al., 2005).

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 7,0% при применении фторотана, ещё в меньшей степени – в среднем на 2,0% при ингаляционной анестезии изофлураном, а при использовании севофлурана на всем протяжении общей анестезии эта величина практически не менялась.

Оценивая динамику показателей функции дыхания и кровообращения в комплексе, можно отметить, что достоверных изменений частоты сердечных сокращений при применении галогенсодержащих лошадям 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  $69,2 \pm 1,17$ , 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 10,7% 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. Ряд авторов подтверждают своими исследованиями, что общая анестезия, поддерживаемая изофлураном, связана с меньшим угнетением сердечно-сосудистой функции по сравнению с фторотановой анестезией (Steffey E. P., Howland Jr D., 1980; Kalchofner K. S., Picek S., Ringer S. K., 2009; Valverde A., Rickey E., Sinclair M., 2010).

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

Определяя функциональную устойчивость функции дыхательной системы у лошадей, следует принимать во внимание, что критерием полноценного газообмена является не столько величина диапазона изменений показателей внешнего дыхания под влиянием примененных галогенсодержащих анестетиков, сколько эффективность этих изменений в отношении поддержания постоянства внутренней среды. С этой целью было выполнено исследование показателей газового состава крови и ее кислотно-основного состояния (КОС), характеризующего адекватность сдвигов показателей внешнего дыхания лошади при использовании выбранных ингаляционных анестетиков.

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 9,6% 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. Полученные результаты исследования согласуются с литературными данными (Mosing M. et. al., 2018; Kushiro T. et. al., 2004; Rasis A. L. et. al., 2000; Drabkova Z. et. al., 2017).

Анализ динамики показателя напряжения углекислого газа в артериальной крови ( $P_aCO_2$ ) в ходе применения галогенсодержащих анестетиков у лошадей выявил при анестезии фторотаном достоверное увеличение напряжения углекислого газа в артериальной крови (на этапе введения) до  $64,7 \pm 1,63$  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  $P_aCO_2$  был относительно стабилен и его достоверных отличий показателя от исходного уровня выявлено не было. В третьей группе лошадей увеличение  $P_aCO_2$  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 30-й минуте анестезии севофлураном. В период пробуждения по прекращении подачи анестетика (севофлурана) показатель  $P_aCO_2$  постепенно снижался и составил  $54,2 \pm 1,35$  мм.рт.ст., что достоверно ниже, чем при анестезии фторотаном у первой группы лошадей.

Гиперкапния, имевшая место при анестезии фторотаном, привела к достоверному уменьшению рН 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 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. В остальные периоды наркоза существенных сдвигов рН крови при применении галогенсодержащих анестетиков не наблюдалось. В период пробуждения величина рН 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 процессы кардиореспираторной системы лошадей. Это также подтверждают данные других исследователей (Hall L. W., 1971; Dunlop C. et.al., 1987; Rasis A. L. et. al., 2000). 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, Приложение А). В исследованиях Т. Yamanaка et. al. (2001) также описывается метод коррекции газообмена при помощи дыхательной маски.

Обобщая полученные данные, следует отметить, что все регистрируемые физиологические параметры (частота дыхания, частота сердечных сокращений, артериальное давление) характеризуют реакцию органов и систем, составляющих функциональные звенья, определяющие уровень насыщения крови кислородом. Сравнительный анализ динамики изменения полученных показателей по количественным характеристикам позволяет своевременно выявить нарушения функции систем дыхания и кровообращения при проведении общей анестезии лошадей. Реакция системы дыхания в виде учащения частоты, имевшая место в первой группе исследуемых животных, направлена на пополнение возросших потребностей организма лошади в кислороде в условиях применения фторотана и свидетельствует о наличии резервных возможностей органов и систем, обеспечивающих доставку кислорода к тканям.

Оценивая влияние галогенсодержащих анестетиков на организм лошади в целом, J. Robert Brosnan (2013) утверждает, что севофлуран не является анестетиком первого выбора и свои предпочтения отдает изофлурану. Он связывает это с тем, что у севофлурана более низкая растворимость в крови, чем у изофлурана, а этот показатель прямо влияет на скорость выхода пациента из анестезии. Поскольку лошади являются легко возбудимыми животными, то существует риск резкого выхода из анестезии, что может повлечь за собой в этот момент получение серьезных травм как животного, так и персонала.

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. Следует отметить, что для более корректного выхода из анестезии севофлураном нами применялись внутривенные инъекции ксилазина, позволяющие обездвижить пациента и дать возможность газу выветриться из лёгких. Внутривенное применение лошадам на этапе пробуждения малых доз альфа<sub>2</sub>-агонистов описано и рекомендовано многими авторами (Regula Bettschart-Wolfensberger, 2007; Valverde A, Dupont J. et. al., 2018; Kalin I. et. al., 2021).

### 3.2 Выводы

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 PaO<sub>2</sub> до  $74,2 \pm 1,47$  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 применения 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 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.

### **3.3 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-200S. 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.

### **3.4 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.

### 3.5 СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АД – артериальное давление

В/в – внутривенно

В/м – внутримышечно

ДК – дыхательный контур

ДС – дыхательная система

ИВЛ – искусственная вентиляция лёгких

МАК – минимальная альвеолярная концентрация

МОД – минутный объём дыхания

МТ – масса тела

НДА – наркозно-дыхательная аппаратура

НПВС – нестероидные противовоспалительные средства

ОА – общая анестезия

СНК – скорость наполнения капилляров

ССР – сердечнососудистое русло

ССС – сердечнососудистая система

ТПД – температура, пульс, дыхание

ЦНС – центральная нервная система

ЧДД – частота дыхательных движений

ЧСС – частота сердечных сокращений

ЭКГ – электрокардиограмма

$f, \text{мин}^{-1}$  – частота дыхания в минуту

$P_a\text{CO}_2$  – напряжение углекислого газа крови

$P_a\text{O}_2$  – напряжение кислорода крови

$S_a\text{O}_2\%$  – насыщение крови кислородом

$V_T$  – дыхательный объём

$V_E$  – минутный объём дыхания

#### 4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев, А. А. Выбор и правовое регулирование применения лекарственных средств для анестезиологической защиты животных / А. А. Алиев, А. В. Яшин, А. Ю. Нечаев. – Санкт-Петербург, 2005. – 26 с.
2. Андреева, Н. Л. Фармакологическое воздействие на адренореактивные системы и применение стимулятора  $\alpha_2$ -адренорецепторов ксилазина в ветеринарной анестезиологии / Н. Л. Андреева, А. Ю. Нечаев. – Санкт-Петербург : СПбГАВМ, 2001. – 22 с.
3. Анестезия для животных, ее различия и описание / И. Е. Чуднов, В. С. Серeda, В. Ю. Эккерт, К. В. Булаева // Альманах мировой науки. –2015. – № 1-1 (1). – С. 49-50.
4. Антимирова, А. А. Сравнительная характеристика анестетиков, применяемых в ветеринарии / А. А. Антимирова, Л. Н. Скосырских // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения : сборник материалов LI Международной студенческой научно-практической конференции. – Тюмень, 2017. – С. 265-269.
5. Бабайцева, А. А. Лекарственные средства, применяемые для премедикации в ветеринарии / А. А. Бабайцева, Т. В. Бурцева // Молодежь и наука. – 2020. – № 10.
6. Барашкин, М. И. Операции в области живота у животных : учебное пособие / М. И. Барашкин. – Екатеринбург : УрГАУ, 2020. – 104 с.
7. Батырбеков, Р. М. Общая анестезия low flow по методике / Р. М. Батырбеков, З. А.-А. Саутиева, Е. А. Костоева // Проблемы внедрения результатов инновационных разработок : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. – Стерлитамак, 2018. – Ч. 2. – С. 47-48.
8. Белоусов, Д. Ю. Сравнительная оценка экономической эффективности применения современных ингаляционных анестетиков / Д. Ю. Белоусов, Е. В. Афанасьева, Е. А. Ефремова // Качественная клиническая практика. – 2014. – № 2. – С. 3-20.

9. Бетшарт-Вольфенсбергер, Р. Ветеринарная анестезиология : учебное пособие / Р. Бетшарт-Вольфенсбергер, А. А. Стекольников, А. Ю. Нечаев. – Санкт-Петербург : Спец. лит, 2010. – 270 с.
10. Вабищевич, А. В. Низко- и малопоточная анестезия / А. В. Вабищевич // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2004. – № 4 (18). – С. 76-77.
11. Вабищевич, А. В. Режимы вентиляции в анестезиологической практике / А. В. Вабищевич // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2005. – № 1 (19). – С. 82-85.
12. Горбань, В. И. Выбор ингаляционного анестетика при низкопоточной анестезии с автоматизированным контролем / В. И. Горбань // Военно-медицинский журнал. – 2016. – Т. 337, № 12. – С. 18-23.
13. Елизаров, А. Ю. Исследование стабильности севофлурана во время низкопоточной анестезии / А. Ю. Елизаров, Т. Д. Ершов, А. И. Левшанков // Анестезиология и реаниматология. – 2011. – № 2. – С. 8-10.
14. Ефременко, С. В. Современные ингаляционные анестетики - новый этап в анестезиологии / С. В. Ефременко, Я. С. Андреева // Медицинский вестник МВД. – 2006. – № 1 (20). – С. 4-9.
15. Жолнерович, М. Л. Операционно-анестезиологический риск при оперативных вмешательствах / М. Л. Жолнерович, А. Ю. Нечаев // Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников и аспирантов / СПбГАВМ. – Санкт-Петербург, 2000. – С.54-55.
16. Зайцев, С. Ю. Биохимия животных. Фундаментальные и клинические аспекты / С. Ю. Зайцев, Ю. В. Конопатов // Учебник. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург : Лань, 2005. – 384 с.
17. 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.

18. Кармалиев, Р. С. Ветеринарная фармакология : учебное пособие / Р. С. Кармалиев. – Уральск : ЗКАТУ им. Жангир хана, 2016. – 264 с.

19. Колоденская, В. В. Влияние седативных и наркотических препаратов на организм животных / В. В. Колоденская, Н. В. Урюпина // Актуальные вопросы науки и практики : сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2020. – С. 36-39.

20. Кротов, М. Оптимизация анестезиологического пособия при проведении эндоскопических операций / М. Кротов, А. Грицан, Р. Бичурин // International Independent Scientific Journal. – 2021. – № 26-1. – С. 21-29.

21. Кротов, М. В. Сравнительный опыт использования низкопоточной анестезии на основе севофлурана и десфлурана и тотальной внутривенной анестезии при малоинвазивных вмешательствах / М. В. Кротов, Р. А. Бичурин, А. И. Грицан // Сибирский научный медицинский журнал. – 2017. – Т. 37, № 4. – С. 53-58.

22. Лихванцев, В. В. Низкопоточная анестезия: теория и практика / В. В. Лихванцев // Вестник интенсивной терапии. – 2010. – № 4. – С. 75-84.

23. Лихванцев, В. В. Опасности и осложнения общей анестезии / В.В. Лихванцев. – Москва : Медицинское информационное агентство, 2014. – 200 с.

24. Машин, А. М. Сравнение показателей гемодинамики и вентиляции при использовании различных методик анестезиологического обеспечения лапароскопической холецистэктомии / А. М. Машин // Медицина неотложных состояний. – 2020. – Т. 16, № 1. – С. 78-84.

25. Местное и общее обезболивание животных : учебное пособие / А. А. Стекольников, В. А. Лукьяновский, И. Б. Самошкин, С. В. Тимофеев. – Санкт-Петербург : Лань, 2004. – 208 с.

26. Мониторинг глубины анестезии – обеспечение безопасности больного при хирургических вмешательствах / А. А. Куртасов, Е. А. Лебедева, А. А.

Бычков [и др.] // Военная и тактическая медицина, медицина неотложных состояний. – 2022. – № 3 (6). – С. 77-78.

27. Морган-мл., Дж. Э. Клиническая анестезиология / Дж. Э. Морган-мл., М. С. Михаил, М. Дж. Марри. – 4-е изд. – Москва : БИНОМ, 2022. – 1216 с.

28. Набиев, Ф. Г. Современные ветеринарные лекарственные препараты : справочник / Ф. Г. Набиев, Р. Н. Ахмадеев. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 816 с.

29. Назаренко, Д. С. Оптимизация проведения низкопоточной анестезии / Д. С. Назаренко, Н. А. Долинко // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – Т. 3, № 3. – С. 685.

30. Наркоз в ветеринарии / А. О. Кульчановский, Е. А. Кныш, А. А. Матлахов, Е. В. Шмат // Научное сообщество студентов. Междисциплинарные исследования : электронный сборник статей по материалам IX студенческой международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2016. – С. 42-47.

31. Нечаев, А. Ю. Ингаляционная анестезия в ветеринарии / А. Ю. Нечаев, А. З. Берлин. – Lap LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 356 с.

32. Нечаев, А. Ю. К возможности коррекции нарушений дыхания у животных при использовании общих анестетиков и седативных препаратов / А. Ю. Нечаев // Материалы 54-й научной конференции молодых ученых и студентов СПбГАВМ. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 65-66.

33. Нечаев, А. Ю. К выбору анестезиологического обеспечения при диагностических и лечебных манипуляциях у лошадей / А. Ю. Нечаев // Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников и аспирантов СПбГАВМ. – Санкт-Петербург, 2003. – С. 53-54.

34. Нечаев, А. Ю. Лечебная тактика при острой кишечной непроходимости у лошадей / А. Ю. Нечаев // Ветеринария. – 2004. – № 4. – С. 43-44.

35. Нечаев, А. Ю. Методика определения состояния вентиляции и кровотока у животных с помощью оксигемометрии / А. Ю. Нечаев // Материалы 54-й научной конференции молодых ученых и студентов СПбГАВМ. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 64-65.
36. Нечаев, А. Ю. Оценка легочного газообмена при ингаляционном и неингаляционном наркозе у собак : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / А. Ю. Нечаев ; СПбГАВМ. – Санкт-Петербург, 1999. – 17 с.
37. Нечаев, А. Ю. Применение ингаляционной анестезии при лечении животных / А. Ю. Нечаев, А. А. Стекольников, К. П. Садоведов // Ветеринария. – 2011. – №3. – С. 49-51.
38. Нечаев, А. Ю. Применение ксилазина при травматических операциях / А. Ю. Нечаев // Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников и аспирантов СПбГАВМ. – Санкт-Петербург, 2002. – С. 59-60.
39. Общая анестезия и эвтаназия в ветеринарии : учебное пособие / Р. Бетшарт-Вольфенсбергер, А. А. Стекольников, К. В. Племяшов, А. Ю. Нечаев. – Санкт-Петербург : Проспект науки, 2017. – 376 с.
40. Оперативная хирургия у животных : учебник для вузов / Б. С. Семенов, В. Н. Виденин, А. Ю. Нечаев [и др.]. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 704 с.
41. 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.
42. Оценка гипнотического компонента на основании BIS-мониторинга при сбалансированной анестезии у детей / А. У. Лекманов, С. В. Карпович, Е. В. Михайлова [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2007. – №1. – С.15-16.

43. Павлов, О. Б. Эффективность вариантов анестезиологического обеспечения у животных в эксперименте / О. Б. Павлов, С. С. Грачев // Медицинский журнал. – 2014. – № 1 (47). – С. 96-99.
44. Павлюченко, А. Ю. Нормативно-правовая база оборота наркотических средств и психотропных веществ в ветеринарии / А. Ю. Павлюченко. – Москва : МГАВМиБ им. К. И. Скрябина, 2015. – 33 с.
45. Патент на полезную модель № 202204 U1 Российская Федерация, МПК А61D 7/04 (2006.01). Дыхательная маска для лошадей : № 2020123662 : заявл. 10.07.2020 : опубл. 02.05. 2021 / А. Ю. Нечаев, К. В. Племяшов, О. В. Романова, О. В. Балашова, В. А. Сорока. – 5 с. : ил.
46. Племяшов, К. В. Изофлуран и его применение в ветеринарной анестезиологии / К. В. Племяшов, А. Ю. Нечаев // Ветеринарный доктор. – Екатеринбург, 2009. – № 9. – С. 2-4.
47. Позябин, С. В. Ингаляционная анестезия при тяжелых хирургических операциях / С. В. Позябин, Ю. И. Филиппов, В. С. Старынина // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 42-2. – С. 186-189.
48. Полатайко, О. Р. Ветеринарная анестезия : практическое пособие / О. Р. Полатайко. – Киев : Перископ, 2009. – 408 с.
49. Пономарев, В. С. Опыт использования наркозных карт при оперативных вмешательствах / В. С. Пономарев, А. Ю. Нечаев // Актуальные проблемы ветеринарной медицины : сборник научных трудов / СПбГАВМ. – Санкт-Петербург, 1999. – № 131. – С. 88-91.
50. Рационализаторское предложение № 1251/99, 02.02.1999. Устройство для наркоза у животных / Б. С. Семенов, В. И. Страшнов, М. К. Учваткина, А. Ю. Нечаев. – Санкт-Петербург : СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, 1999.
51. Робинсон, Э. Болезни лошадей. Современные методы лечения / Э. Робинсон. – Москва : Аквариум-принт, 2007. – 1012 с.

52. Рудакова, А. В. Фармакоэкономические аспекты ингаляционной и внутривенной анестезии / А. В. Рудакова // Рецепт. – 2011. – № 5 (79). – С. 117-124.
53. Семенов, Б. С. Анестезиологическое обеспечение при оперативных вмешательствах у животных с сопутствующими заболеваниями / Б. С. Семенов, А. Ю. Нечаев // Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников и аспирантов СПбГАВМ. – Санкт-Петербург, 2002. – С.89-90.
54. Семенов, Б. С. Правовое регулирование при работе с наркотическими средствами, психотропными и сильнодействующими веществами в ветеринарной анестезиологии / Б. С. Семенов, А. Ю. Нечаев, Н. П. Бацанов. – Санкт-Петербург, 2000. – 16 с.
55. Семенов, Б. С. Современные методы анестезии / Б. С. Семенов, В. Н. Виденин, А. Ю. Нечаев // Практик. – Санкт-Петербург, 2000. – № 3. – С.24-27.
56. Сидорова, К. А. Клинико-физиологическое обоснование неингаляционной анестезии / К. А. Сидорова, О. А. Драгич, О. А. Балабанова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (78). – С. 168-170.
57. Скопичев, В. Г. Физиология животных: продуктивность / В. Г. Скопичев, Н. Н. Максимюк. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2022. – 187 с.
58. 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.
59. 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.

60. Стекольников, А. А. Применение препаратов для наркоза при хирургических операциях у лошадей / А. А. Стекольников, А. В. Лебедев, М. А. Нарусбаева // Ветеринария. – 1999. – № 1. – С. 37-39.
61. Туровникова, Е. В. Гемодинамическая оценка двух схем анестезии, применяемых для непродолжительных процедур / Е. В. Туровникова, И. В. Новикова // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. – 2006. – № 1. – С.7-8.
62. Тэрэк, П. Преимущества низкопоточной ингаляционной анестезии П. Тэрэк, П. Чандик // Общая реаниматология. – 2005. – Т. 1, № 5. – С. 57-60.
63. Физиологическое обоснование ингаляционной анестезии животных К. А. Сидорова, О. А. Драгич, Т. А. Юрина [и др.] // Научная жизнь. – 2018. – № 12. – С. 189-196.
64. Филиппов, Ю. И. Сравнительный анализ применения изофлурана и севофлурана при анестезиологическом обеспечении хирургических операций у разных видов животных / Ю. И. Филиппов, Н. А. Козлов, В. С. Старынина // Сборник трудов седьмой Всероссийской межвузовской конференции по ветеринарной хирургии ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА имени К.И. Скрябина. – Москва, 2017. – С. 224-237.
65. Частная хирургия животных : учебник для вузов / А. А. Стекольников, Б. С. Семенов, В. М. Руколь, В. А. Журба ; под редакцией профессоров А. А. Стекольников и Б. С. Семенова. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 372 с.
66. Эккерт, Р. Физиология животных. Механизмы и адаптации / Р. Эккерт, Д. Рэндалл, Д. Огастин. – Москва : Мир, 2014. – 424 с.
67. A comparison of the haemodynamic effects of isoflurane and halothane anaesthesia in horses // A. L. Rasis, L. E. Young, K. J. Blissitt [et al.] // Equine Veterinary Journal. – 2000. – Vol. 32, № 4. – P. 318-326.
68. A retrospective comparison of induction with thiopental/guaifenesin and propofol/ketamine in Thoroughbred racehorses anesthetized with sevoflurane and medetomidine during arthroscopic surgery / H. Tokushige, M. Araki, K. Kusano [et al.] // Journal of Equine Science. – 2019. – Vol. 30, № 2. – P. 25-31.

69. A study of cardiovascular function under controlled and spontaneous ventilation in isoflurane-medetomidine anaesthetized horses / K. S. Kalchofner, S. Picek, S. K. Ringer [et al.] // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2009. – Vol. 36. – P. 426-435.
70. Anesthetic and cardiovascular effects of balanced anesthesia using constant rate infusion of midazolam-ketamine-medetomidine with inhalation of oxygen-sevoflurane (MKM-OS anesthesia) in horses / T. Kushiro, K. Yamashita, M. A. Umar [et al.] // *Journal of Veterinary Medical Science*. – 2005. - Vol. 67, № 4. – P. 379-384.
71. Anesthetic management with sevoflurane combined with alfaxalone-medetomidine constant rate infusion in a Thoroughbred racehorse undergoing a long-time orthopedic surgery / A. Wakuno, T. Maeda, K. Kodaira [et al.] // *Journal of Equine Science*. – 2017. – Vol. 28. – P. 111-115.
72. Arterial blood gases and acid-base balance in healthy young and aged horses / E. Aguilera-Tejero, J. C. Estepa, I. López [et al.] // *Equine Veterinary Journal*. – 1998. – Vol. 30. – P. 352-354.
73. Assessment of unassisted recovery from repeated general isoflurane anesthesia in horses following post-anesthetic administration of xylazine or acepromazine or a combination of xylazine and ketamine / A. Valverde, B. Black, N. C. Cribb [et al.] // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2013. – Vol. 40. – P. 3-12.
74. Auckburally, A. Review of hypoxaemia in anaesthetized horses: Predisposing factors, consequences and management / A. Auckburally, G. Nyman // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2017. – Vol. 44. – P. 397-408.
75. Benmansour, P. Prolonged anesthesia using sevoflurane, remifentanyl and dexmedetomidine in a horse / P. Benmansour, T. Duke-Novakovski // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2013. – Vol. 40. – P. 521-526.
76. Bettschart-Wolfensberger, R. Balanced Anesthesia in the Equine / R. Bettschart-Wolfensberger, M. P. Larenza // *Clinical Techniques in Equine Practice*. – 2007. – Vol. 6. – P.104-110.

77. Bidwell, L. A. Equine perioperative fatalities associated with general anaesthesia at a private practice — A retrospective case series / L. A. Bidwell, L. R. Bramlage, W. A. Rood // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2007. – Vol. 34. – P. 23-30.
78. Borland, K. J. Time-related changes in post-operative equine morbidity: A single-centre study / K. J. Borland, D. J. Shaw, R. E. Clutton // *Equine Veterinary Education*. – 2017. – №. 29. – P. 33-37.
79. Broken nasotracheal tube aspiration in a horse during anaesthetic recovery / J. Potter, K. Allen, P. Macfarlane, D. Holopherne-Doran // *Equine Veterinary Education*. – 2015. – Vol. 27. – P. 240-243.
80. Brosnan, R.J. Effects of hypercapnic hyperpnea on recovery from isoflurane or sevoflurane anesthesia in horses / R. J. Brosnan, E. P. Steffey, A. Escobar // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2012. – № 39. – P.335-344.
81. Cardiopulmonary effects associated with head-down position in halothane anesthetized ponies with or without capnoperitoneum / T. Duke, A. M. Cruz, J. I. Cruz, K. J. Howden // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2002. – Vol. 29. – P. 76-89.
82. Cardiopulmonary effects of dexmedetomidine and ketamine infusions with either propofol infusion or isoflurane for anesthesia in horses / T. Duke-Novakovski, C. Palacios-Jimenez, T. Wetzel [et al.] // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2015. – Vol. 42. – P. 39-49.
83. Cardiopulmonary function during 5 hours of constant-dose isoflurane in laterally recumbent, spontaneously breathing horses / E. P. Steffey, D. S. Hodgson, C. L. Dunlop [et al.] // *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. – 1987. – Vol. 10. – P. 290-297.
84. Cardiovascular and pulmonary effects of sevoflurane anesthesia in horses / H. Aida, Y. Mizuno, S. Hobo [et al.] // *Veterinary Surgery*. – 1996. – Vol. 25. – P. 164-170.

85. Causes, Effects and Methods of Monitoring Gas Exchange Disturbances during Equine General Anaesthesia / E. Stefanik, O. Drewnowska, B. Lisowska, B. Turek // *Animals*. – 2021. – № 11. – P. 2049.
86. Clarke, K. W. *Veterinary anesthesia* / K. W. Clarke, C. M. Trim, L. W. Hall. – Saunders Elsevier NY, 2017. – 694 p.
87. Comparison between the effects of postanesthetic xylazine and dexmedetomidine on characteristics of recovery from sevoflurane anesthesia in horses / A. G. P Guedes, C. C. Tearney, A. Cenani [et al.] // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2017. – Vol. 44. – P. 273-280.
88. Comparison of acepromazine, midazolam and xylazine as preanaesthetics to ketamine-isoflurane anaesthesia in horses / S. Mane, S. K. Mahajan, J. Mohindroo [et al.] // *Indian Journal of Veterinary Surgery*. – 2014. – № 35. – P. 85-88.
89. Comparison of cardiovascular function and quality of recovery in isoflurane-anaesthetised horses administered a constant rate infusion of lidocaine or lidocaine and medetomidine during elective surgery / A. Valverde, E. Rickey, M. Sinclair [et al.] // *Equine Veterinary Journal*. – 2010. – Vol. 42. – P. 192-199.
90. Contemporary use of acepromazine in the anaesthetic management of male horses and ponies: A retrospective study and opinion poll / B. Driessen, L. Zarucco, B. Kalir, L. Bertolotti // *Equine Veterinary Journal*. – 2011. – № 43. – P. 88-98.
91. Drabkova, Z. Determination of physiological dead space in anaesthetized horses: A method-comparison study / Z. Drabkova, J. P. Schramel, R. Kabes // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2018. – № 45. – P. 73-77.
92. Drewnowska, O. Equine general anesthesia monitoring—review of the methods and current knowledge / O. Drewnowska, B. Lisowska, B. Turek // *Medycyna Weterynaryjna*. – 2018. – № 74. – P. 67-77.
93. Dugdale, A. H. Equine anaesthesia-associated mortality: Where are we now? / A. H. Dugdale, P. M. Taylor // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2016. – Vol. 43. – P. 242-255.

94. Dugdale, A. H. Twenty years later: A single-centre, repeat retrospective analysis of equine perioperative mortality and investigation of recovery quality / A. H. Dugdale, J. Obhrai, P. J. Cripps // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2016. – № 43. – P. 171-178.
95. Dupont, J. Prolonged Recovery from General Anesthesia Possibly Related to Persistent Hypoxemia in a Draft Horse / J. Dupont, D. Serteyn, C. Sandersen // *Frontier in Veterinary Science*. – 2018. – № 5. – P. 5.
96. Edner, A. The effects of spontaneous and mechanical ventilation on central cardiovascular function and peripheral perfusion during isoflurane anaesthesia in horses / A. Edner, G. Nyman, B. Essen-Gustavsson // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2005. – № 32. – P. 136-146.
97. Effect of postoperative xylazine administration on cardiopulmonary function and recovery quality after isoflurane anesthesia in horses / K. K. Ida, D. T. Fantoni, B. T. Ibiapina [et al.] // *Veterinary Surgery*. – 2013. – Vol. 42. – P. 877-884.
98. Effects of a continuous rate infusion of butorphanol in isoflurane-anesthetized horses on cardiorespiratory parameters, recovery quality, gastrointestinal motility and serum cortisol concentrations / B. P. Dias, M. A. Araujo, M. Deschk [et al.] // *Acta Cirurgica Brasileira*. – 2014. – Vol. 29. – P. 801-806.
99. Effects of body position on intracranial and cerebral perfusion pressures in isoflurane-anesthetized horses / R. J. Brosnan, E. P. Steffey, R. A. LeCouteur [et al.] // *Journal of Applied Physiology*. – 2002. – Vol. 92. – P. 2542-2546.
100. Effects of postanesthetic sedation with romifidine or xylazine on quality of recovery from isoflurane anesthesia in horses / K. J. Woodhouse, R. J. Brosnan, K. Q. Nguyen [et al.] // *Journal of American Veterinary Medical Association*. – 2013. – Vol. 242. – P. 533-539.
101. Effects of sevoflurane dose and mode of ventilation on cardiopulmonary function and blood biochemical variables in horses / E. P. Steffey, K. R. Mama, F.

D. Galey [et al.] // American Journal of Veterinary Research. – 2005. – Vol. 66. – P. 606-614.

102. Enderle, A. K. Clinical evaluation of ketamine and lidocaine intravenous infusions to reduce isoflurane requirements in horses under general anaesthesia / A. K. Enderle, O. L. Levionnois, M. Kuhn, U. Schatzmann // Veterinary anaesthesia and analgesia. – 2008. – Vol. 35. – P. 297-305.

103. Enflurane, halothane, and isoflurane potency in horses / E. P. Steffey, Jr D. Howland, S. Giri, E. L. Eger 2<sup>nd</sup>// American Journal of Veterinary Research. – 1977. – Vol. 38. – P. 1037-1039.

104. Evaluation of pulse co-oximetry to determine haemoglobin saturation with oxygen and haemoglobin concentration in anaesthetized horses: A retrospective study / A. H. A. Zoff, A. Dugdale, S. Scarabelli, E. Rioja // Veterinary anaesthesia and analgesia. – 2019. – № 46. – P. 452-454.

105. Grosenbaugh, A. D. Cardiorespiratory effects of sevoflurane, isoflurane, and halothane anesthesia in horses / A. D. Grosenbaugh, W. W. Muir // American Journal of Veterinary Research. – 1998. – Vol. 59. – P. 101-106.

106. Hall, L. W. II Disturbances of Cardiopulmonary Function in Anaesthetised Horses / L. W. Hall // Equine Veterinary Journal. – 1971. – № 3. – P. 95-98.

107. Hildebrand, S. V. Neuromuscular and cardiovascular effects of atracurium in ponies anesthetized with halothane / S. V. Hildebrand, G. A. Howitt, D. Arpin // American Journal of Veterinary Research. – 1986. – Vol. 47. – P. 1096-1100.

108. Hildebrand, S. V. Neuromuscular and cardiovascular effects of atracurium administered to healthy horses anesthetized with halothane / S. V. Hildebrand, D. Arpin // American Journal of Veterinary Research. – 1988. – Vol. 49. – P. 1066-1071.

109. Hubbell, J. A. E. Oxygenation, oxygen delivery and anaesthesia in the horse / J. A. E. Hubbell, W. W. Muir // Equine Veterinary Journal. – 2014. – Vol. 47. – P. 25-35.

110. Hubbell, J. A. E. Review of Support of Ventilation in the Anesthetized Horse / J. A. E. Hubbell // AAEP Proceedings. – 2010. – Vol. 56. – P. 33-37.

111. Inhaled anesthetics and immobility: mechanisms, mysteries, and minimum alveolar anesthetic concentration / J. M. Sonner, J. F. Antognini, R. C. Dutton [et al.] // *Anesthesia & Analgesia*. – 2003. – Vol. 97. – P.718-740.
112. Koenig, J. Accuracy of Pulse Oximetry and Capnography in Healthy and Compromised Horses during Spontaneous and Controlled Ventilation / J. Koenig, W. McDonell, A. Valverde // *Canadian Journal of Veterinary Research*. – 2003. – Vol. 67. – P. 169-174.
113. Laurenza, C. Risk Factors of Anesthesia-Related Mortality and Morbidity in One Equine Hospital: A Retrospective Study on 1,161 Cases Undergoing Elective or Emergency Surgeries / C. Laurenza, L. Ansart, K. Portier // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2020. – № 6. – P. 6.
114. Lumb, A. B. Hypoxic Pulmonary Vasoconstriction: Physiology and Anesthetic Implications / A. B. Lumb, P. Slinger // *Anesthesiology*. – 2015. – Vol.122. – P. 932-946.
115. McFadzean, W. J. M. Perioperative pain management in horses / W. J. M. McFadzean, E. J. Love // *Equine Veterinary Education*. – 2018. – № 31. – P. 374-383.
116. McMurphy, R. M. Alleviation of postanesthetic hypoxemia in the horse / R. M. McMurphy, P. H. Cribb // *Canadian Veterinary Journal*. – 1989. – Vol. 30. – P. 37-41.
117. Measurement of peripheral muscle oxygen saturation in conscious healthy horses using a near-infrared spectroscopy device / B. M. Gingold, M. B. Killos, E. Griffith, L. Posner // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2019. – Vol. 46. – P. 789-795.
118. Miller, C. Tracheal rupture following general anaesthesia in a horse / C. Miller, A. Auckburally // *Equine Veterinary Education*. – 2018. – Vol. 32. – P. O62-O65.
119. Miller, K. W. General anaesthetics can selectively perturb lipid bilayer membranes / K. W. Miller, K. Y. Pang // *Nature*. – 1976. – № 263. – P. 253-255.

120. Mirra, A. Suspicion of postanesthetic femoral paralysis of the non-dependent limb in a horse / A. Mirra, M. D. Klopfenstein Bregger, O. L. Levionnois // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2018. – Vol. 5. – P. 12.
121. Mosing, M. Maintenance of equine anaesthesia over the last 50 years: Controlled inhalation of volatile anaesthetics and pulmonary ventilation / M. Mosing, J. M. Senior // *Equine Veterinary Journal*. – 2018. – № 50. – P. 282-291.
122. Muir, W. W. Ventilatory alterations in normal horses in response to changes in inspired oxygen and carbon dioxide / W. W. Muir, A. C. Moore, R. L. Hamlin // *American Journal of Veterinary Research*. – 1975. – № 36. – P. 155-159.
123. Perioperative risk factors for mortality and length of hospitalization in mares with dystocia undergoing general anesthesia: A retrospective study / E. Rioja, N. Cernicchiaro, M. C. Costa, A. Valverde // *Canadian Veterinary Journal*. – 2012. – № 53. – P. 502-510.
124. Pharmacokinetics and clinical effects of xylazine and dexmedetomidine in horses recovering from isoflurane anesthesia / A. Guedes, H. Knych, L. Tucker [et al.] // *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. – 2020. – Vol. 43. – P. 369-376.
125. Physiologic Factors Influencing the Arterial-To-End-Tidal CO<sub>2</sub> Difference and the Alveolar Dead Space Fraction in Spontaneously Breathing Anaesthetised Horses / M. Mosing, S. H. Bohm, A. Rasis [et al.] // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2018. – № 5. – P. 58.
126. Postanesthetic recumbency associated with hyperkalemic periodic paralysis in a quarter horse / S. A. Robertson, S. L. Green, S. W. Carter [et al.] // *Journal of the American Veterinary Medical Association*. – 1992. – Vol. 201. – P. 1209-1212.
127. Rasis, A. L. Skeletal muscle blood flow in anaesthetized horses. Part II: effects of anaesthetics and vasoactive agents / A. L. Rasis // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2005. – Vol. 32. – P.331-337.
128. Recovery quality following a single post-anaesthetic dose of dexmedetomidine or romifidine in sevoflurane anaesthetised horses / R. C. Hector,

- M. L. Rezende, K. R. Mama, A. M. Hess // *Equine Veterinary Journal*. – 2020. – Vol. 52. – P. 685-691.
129. Robertson, H. T. Erratum: Dead Space: The Physiology of Wasted Ventilation / H. T. Robertson // *European Respiratory Journal*. – 2015. – Vol. 45. – P. 1704-1716.
130. Saraswat, V. Effects of anaesthesia techniques and drugs on pulmonary function / V. Saraswat // *Indian Journal of Anaesthesia*. – 2015. – Vol. 59. – P. 557-564.
131. Senior, J. M. Barking up the wrong tree: would international guidelines improve safety in equine anesthesia? / J. M. Senior // *Equine Veterinary Journal*. – 2015. – Vol. 47. – P.14-15.
132. Soares, J. H. Solubility of haloether anesthetics in human and animal blood / J. H. Soares, R. J. Brosnan, F. B. Fukushima // *Anesthesiology*. – 2012. –Vol. 117. – P.48-55.
133. Steffey, E. P. Comparison of circulatory and respiratory effects of isoflurane and halothane anesthesia in horses / E. P. Steffey, Jr D. Howland // *American Journal of Veterinary Research*. – 1980. – Vol. 41. – P. 821-825.
134. Systemic distribution of blood flow in ponies during 1.45%, 1.96%, and 2.39% end-tidal isoflurane-O<sub>2</sub> anesthesia / M. Manohar, R. Gustafson, T. E. Goetz, D. Nganwa // *American Journal of Veterinary Research*. – 1987. – Vol. 48. – P.1504-1510.
135. Taylor, P. M. Handbook of equine anaesthesia / P. M. Taylor, K. W. Clarke. – 2 ed. – Elseiver, 2007. – 1216 p.
136. The confidential enquiry into perioperative equine fatalities (CEPEF): mortality results of phases 1 and 2 / G. M. Johnston, J. K. Eastment, J. L. N. Wood, P. M. Taylor // *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. – 2002. – Vol. 29. – P. 159-170.
137. The effects of halothane and isoflurane on cardiovascular function in laterally recumbent horses / A. L. Rasis, K. J. Blissit, W. Henley [et al.] // *British Journal of Anaesthesia*. – 2005. – Vol. 95. – P. 317-325.

138. The effects of morphine on the recovery of horses from halothane anaesthesia. / L. Clark, R. E. Clutton, K. J. Blissitt, M. E. Chase-Topping // *Veterinary anaesthesia and analgesia*. – 2008. – Vol. 35. – P. 22-29.
139. The recovery of horses from inhalant anesthesia: a comparison of halothane and isoflurane / L. L. Donaldson, G. S. Dunlop, M. S. Holland, B. A. Burton // *Veterinary Surgery*. – 2000. – Vol. 29. – P. 92-101.
140. Time-related changes of the cardiovascular system during maintenance anesthesia with sevoflurane and isoflurane in horses / T. Yamanaka, K. Oku, H. Koyama, Y. Mizuno // *Journal of Veterinary Medical Science*. – 2001. – Vol. 63, № 5. – P. 527-532.
141. Tomasic, M. Effects of sedation, anesthesia, and endotracheal intubation on respiratory mechanics in adult horses / M. Tomasic, L. S. Mann, L. R. Soma // *American Journal of Veterinary Research*. – 1997. – Vol. 58. – P. 641-646.
142. Trim, C. M. Monitoring during anaesthesia: techniques and interpretation / C. M. Trim // *Equine Veterinary Education*. – 2005. – Vol. 7. – P. 30-40.
143. *Veterinary anesthesia and analgesia* / K. A. Grimm, L. A. Lamont, W. J. Tranquilli [et al.] – 5 ed. – USA : Wiley Blackwell, 2015. – 1072 p.
144. Wagner, A. E. The importance of hypoxaemia and hypercapnia in anaesthetised horses / A. E. Wagner // *Equine Veterinary Education*. – 1993. – Vol. 5. – P. 207-211.
145. Wagner, P. D. The physiological basis of pulmonary gas exchange: Implications for clinical interpretation of arterial blood gases / P. D. Wagner // *European Respiratory Journal*. – 2014. – Vol. 45. – P. 227-243.
146. Yoon, S. pCO<sub>2</sub> and pH regulation of cerebral blood flow / S. Yoon, M. Zuccarello, R. M. Rapoport // *Frontiers in Physiology*. – 2012. – № 3. – P. 365.
147. Young, S. S. Post anaesthetic myopathy / S. S. Young // *Equine Veterinary Education*. – 2005. – Vol. 7. – P. 60-63.

## 5. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Патент Российской Федерации на полезную модель № 202204



## Приложение Б. Акт о внедрении в клиническую практику

### Акт

О внедрении материалов диссертационного исследования  
Сороки Виталия Александровича в ветеринарной клинике «Форсайд».

Мы, нижеподписавшиеся, главный врач ветеринарной клиники «Форсайд» М.А. Погорелов, ассистент ветеринарного врача по лошадям А.В. Зайцева, ассистент ветеринарного врача по лошадям Ю.В. Тимурова, составили акт о том, что результаты научных исследований Сороки Виталия Александровича по теме диссертационной работы: «Обеспечение функциональной устойчивости кардиореспираторной системы лошадей при применении галогенсодержащих анестетиков» внедрены в практическую деятельность ветеринарной клиники «Форсайд», расположенной на базе конного клуба «Форсайд».

Результаты научных изысканий Сороки Виталия Александровича позволяют оценить степень влияния общей анестезии на показатели кардиореспираторной системы лошадей. Внедрение функциональных методов исследования способствует адекватному проведению анестезиологического пособия. Диссертантом усовершенствован метод подачи ингаляционного анестетика лошади через дыхательную маску, что явилось предметом для получения патента на полезную модель.

Полученные автором результаты успешно использовались в ветеринарной клинике «Форсайд» для выбора наиболее безопасного анестезиологического обеспечения и последующего восстановления лошади после операции.

Главный врач ветеринарной клиники «Форсайд»

М.А. Погорелов

Ассистент ветеринарной клиники «Форсайд»

А.В. Зайцева

Ассистент ветеринарной клиники «Форсайд»

Ю.В. Тимурова

188650, Дранишники,  
Ленинградская область,  
2-ой км Приозерского шоссе  
КК «Форсайд»  
+7 (911) 921-15-56  
forsideclinic@yandex.ru



Приложение В. Справка о внедрении в учебный процесс  
ФГБОУ ВО СПбГУВМ

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по научной работе, международным  
связям и цифровой трансформации  
ФГБОУ ВО

«Санкт-Петербургский государственный  
университет ветеринарной медицины»

к. вет.н., доцент

Г.С. Никитин

«13» 02 2023 года

**Карта обратной связи**

Выдана **Сороке Виталию Александровичу** в том, что результаты его научной работы по теме кандидатской диссертации: «ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ЛОШАДЕЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ АНЕСТЕТИКОВ» используются на кафедре общей, частной и оперативной хирургии при выполнении научно-исследовательской работы, чтении лекций, проведении практических занятий с обучающимися факультетов ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры общей, частной и оперативной хирургии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». Протокол № 19 от 06.02.2023 года.

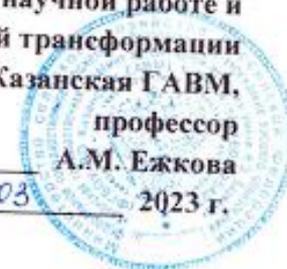
Доцент кафедры  
общей, частной и оперативной  
хирургии  
ФГБОУ ВО СПбГУВМ,  
кандидат ветеринарных наук,

  
Нарусбаева  
Марина Александровна

196084, г. Санкт-Петербург,  
ул. Черниговская, 5  
ФГБОУ ВО СПбГУВМ  
8 (812)387-67-69  
e-mail: netschajew@yandex.ru

Приложение Г. Справка о внедрении в учебный процесс  
ФГБОУ ВО Казанского ГАВМ им. Н.Э. Баумана

УТВЕРЖДАЮ  
проректор по научной работе и  
цифровой трансформации  
ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ,  
профессор  
А.М. Ежкова  
«15» 03 2023 г.



**СПРАВКА**

о внедрении в учебный процесс кафедры акушерства, хирургии и патологии  
мелких животных ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия  
ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» результатов исследования  
Сороки Виталия Александровича на тему:  
«Обеспечение функциональной устойчивости кардиореспираторной  
системы лошадей при применении галогенсодержащих анестетиков»

Результаты диссертационных исследований Сороки Виталия Александровича на тему: «Обеспечение функциональной устойчивости кардиореспираторной системы лошадей при применении галогенсодержащих анестетиков» внедрены в учебный процесс кафедры акушерства, хирургии и патологии ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана».

Справка выдана для представления в совет по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 35.2.034.02 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук по специальности 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки) о том, что научные положения кандидатской диссертации Сороки В. А. используются при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий по дисциплинам "Оперативная хирургия с основами топографической анатомии", "Общая и частная хирургия" для студентов факультета ветеринарной медицины на кафедре акушерства, хирургии и патологии мелких животных ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ им.Н.Э. Баумана.

Заведующий кафедрой акушерства, хирургии и  
патологии мелких животных  
ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ им.Н.Э.Баумана,  
кандидат ветеринарных наук, доцент

 И.Г. Галимзянов

Приложение Д. Справка о внедрении в учебный процесс  
ФГБОУ ВО «Удмуртский Государственный аграрный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по научной работе и стратегическому развитию  
ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ  
профессор  
С.И. Коконов  
«15» 03 2023 г.



**СПРАВКА**

**о внедрении в учебный процесс кафедры внутренних болезней и хирургии  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет» результатов  
диссертации Сороки Виталия Александровича на тему:  
«Обеспечение функциональной устойчивости кардиореспираторной системы  
лошадей при применении галогенсодержащих анестетиков»**

Результаты диссертационных исследований Сороки Виталия Александровича на тему: «Обеспечение функциональной устойчивости кардиореспираторной системы лошадей при применении галогенсодержащих анестетиков» внедрены в учебный процесс кафедры внутренних болезней и хирургии ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет».

Справка выдана для представления в совет по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 35.2.034.02 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук по специальности 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки) о том, что научные положения кандидатской диссертации Сороки В. А. используются при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий по дисциплинам "Оперативная хирургия с основами топографической анатомии", "Общая и частная хирургия" для студентов факультета ветеринарной медицины на кафедре внутренних болезней и хирургии ФГБОУ ВО УдГАУ.

Заведующий кафедрой  
внутренних болезней и хирургии  
ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ,  
кандидат ветеринарных наук,  
профессор

В.Б. Милаев