

На правах рукописи

ПЫЖОВ

Василий Анатольевич

**ПРИМЕНЕНИЕ РЕЖИМОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ДЫХАНИЯ
ВО ВРЕМЯ ОБЩЕЙ АНЕСТЕЗИИ**

3.1.12. Анестезиология и реаниматология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени акад. И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель:

Храпов Кирилл Николаевич – доктор медицинских наук, доцент

Официальные оппоненты:

Кузьков Всеволод Владимирович – доктор медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра анестезиологии и реаниматологии, профессор кафедры.

Ленькин Андрей Игоревич – доктор медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра анестезиологии и реаниматологии имени В.Л. Ваневского, профессор кафедры.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского».

Защита диссертации состоится «__» _____ 2023 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета 21.1.028.04 на базе ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России (197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д.2).

С работой можно ознакомиться в научной библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д.2) либо на официальном сайте ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России по ссылке: [http:// www.almazovcentre.ru/?page_id=95998](http://www.almazovcentre.ru/?page_id=95998)

Автореферат разослан «__» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор

Лейдерман Илья Наумович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Послеоперационные легочные осложнения являются наиболее распространенным нежелательным последствием хирургических вмешательств (Karalapillai D. et al., 2020), оказывая значимое влияние на течение послеоперационного периода (Gülсен A. et al., 2020).

Среди всех респираторных осложнений, наблюдаемых у хирургических больных в послеоперационном периоде ателектазирование легочной ткани – одно из наиболее часто встречающихся. Рядом авторов показано, что оно значительно чаще проявляется у пациентов, подвергшихся лапароскопическим операциям (Hedenstierna G. et al., 2012). Ателектазирование определяет риск возникновения гипоксемии и формирует основу для развития других послеоперационных легочных осложнений (Miskovic A. et al., 2017). Ателектазы могут сохраняться в течение нескольких дней после операции (Lindberg P. et al., 1992), вызывая нарушение дыхательной функции и, в конечном счете, увеличивая длительность госпитализации (Hedenstierna G. et al., 2016).

В начале 2000-х годов на большинстве наркозных аппаратов появился большой спектр режимов ранее доступный только в реанимационных аппаратах искусственной вентиляции легких (ИВЛ), среди которых имеется режим самостоятельного дыхания с поддержкой давлением. В литературе имеется достаточно сведений в отношении эффективности его использования давлением на этапе индукции общей анестезии – его применение во время преоксигенации способствует увеличению времени безопасного апноэ, улучшению показателей оксигенации (Chiang T.L. et al., 2022). В отношении применения режима поддержки давлением на этапах поддержания и окончания анестезии публикации немногочисленны. В ряде работ показано, что применение этого режима во время общей анестезии с сохранением самостоятельного дыхания может привести к улучшению газообмена и уменьшению ателектазирования легочной ткани, помимо этого, сделать пробуждение и экстубацию более комфортными и быстрыми, по сравнению с другими подходами к проведению респираторной поддержки во время анестезии (Мороз В.В. и др., 2010; Zoremba M. et al., 2010; Capdevilla X. et al., 2014; Moharana S. et al., 2020).

При использовании режима поддержки давлением в анестезиологической практике имеется еще одна немаловажная особенность – различие приводов наркозно-дыхательного и реанимационного аппаратов искусственной вентиляции легких. Конструктивные особенности привода наркозных аппаратов могут в значительной степени повлиять на корректность работы триггерного механизма, а также на скорость набора и удержания заданного давления поддержки (Jaber S. et al., 2006; Rajnish J.K. et al., 2013). Эти обстоятельства могут значимо повлиять на качество респираторной поддержки.

Таким образом, представляется актуальным оценить эффективность применения режима поддержки давлением на этапах поддержания и окончания анестезии, а также сравнить технические характеристики режимов поддержки давлением на наркозных и реанимационных дыхательных аппаратах.

Степень разработанности темы исследования

Несмотря на то, что режим поддержки давлением появился на наркозных аппаратах более 20 лет назад, данные о его использовании в анестезиологической практике весьма малочисленны, отсутствуют четкие рекомендации по его применению, до конца не определена эффективность. По имеющимся в литературе данным, можно предположить, что использование такой стратегии респираторной поддержки на различных этапах общей анестезии способно снизить вероятность возникновения послеоперационных легочных осложнений и, соответственно, сократить длительность госпитализации пациентов, стоимость лечения.

Цель исследования

Оценить возможность и эффективность применения режимов самостоятельного дыхания на различных этапах общей анестезии.

Задачи исследования

1. Сравнить технические характеристики режимов самостоятельного дыхания на наркозно-дыхательных и реанимационных аппаратах искусственной вентиляции легких.
2. Оценить возможность применения и эффективность режима самостоятельного дыхания с поддержкой давлением на этапе поддержания общей анестезии, оценить влияние на газообмен и скорость пробуждения.
3. Сравнить время пробуждения и экстубации, частоту и выраженность постэкстубационного кашля при использовании принудительного режима и режима самостоятельного дыхания с поддержкой давлением на завершающем этапе анестезии.

Научная новизна исследования

При помощи моделирующего дыхательного устройства проведено объективное сравнение корректности работы триггерной системы и системы набора и удержания заданного давления поддержки у современных наркозно-дыхательных и реанимационных аппаратов искусственной вентиляции легких, использующихся в настоящий момент в клинической практике. Показано, что скорость отклика триггерной системы анестезиологических и реанимационных аппаратов значимо не отличается, однако время набора заданного давления поддержки у наркозно-дыхательных аппаратов существенно больше. Опубликованные ранее исследования проводили только на аппаратах конца 90-х, начала 2000-х годов.

Показана эффективность применения режима поддержки давлением при проведении общей комбинированной анестезии с использованием ингаляционного анестетика десфлурана, ранее не используемого в подобных исследованиях.

Установлено положительное влияние такой тактики респираторной поддержки на интраоперационную оксигенацию, оцениваемую с помощью рутинного неинвазивного мониторинга, а также с помощью лабораторного исследования газового состава

артериальной крови. Вне зависимости от того на каком этапе был применен режим поддержки давлением, было показано его положительное влияние на время пробуждения и перевода пациента из операционной.

Продемонстрировано, что данный вариант респираторной поддержки может использоваться во время оперативных вмешательств, где проходимость верхних дыхательных путей обеспечивается установкой надгортанного воздуховода. Также было показано, что режим поддержки давлением может быть использован на завершающем этапе общей анестезии с интубацией трахеи и использованием миорелаксантов, снижая частоту и выраженность постэкстубационного кашля.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Результаты научно-исследовательской работы активно применяются в практике отделений анестезиологии и реанимации с целью профилактики ателектазирования легочной ткани во время проведения интраоперационной искусственной вентиляции легких, тем самым снижая вероятность возникновения послеоперационных легочных осложнений. Кроме того, режим поддержки давлением может применяться для более быстрого и комфортного пробуждения пациентов после общей анестезии. Полученные в исследовании результаты применяются в процессе постдипломного обучения врачей анестезиологов-реаниматологов в ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России.

Методология и методы исследования

Диссертационная работа выполнена в соответствии с правилами доказательной медицины, в дизайне рандомизированного проспективного исследования. В исследовании использовались экспериментальные, клинические, лабораторные, аналитические и статистические методы исследования. Объект исследования первой части работы – современные наркозно-дыхательные и реанимационные аппараты искусственной вентиляции легких; второй части – пациенты, подвергшиеся малотравматичным травматологическим вмешательствам; третьей части – пациенты, перенесшие малые и средние по объему общехирургические вмешательства. Предмет исследования первой части – показатели работы триггерной системы и системы набора и удержания давления поддержки аппаратов искусственной вентиляции легких; второй части – показатели газового состава артериальной крови, неинвазивные показатели газообмена и механики дыхания, временные показатели пробуждения; третьей части – мониторируемые показатели гемодинамики и оксигенации до и после экстубации, временные показатели пробуждения, интенсивность постэкстубационного кашля.

Исследование одобрено на заседании локального этического комитета ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России, протокол № 11/2020 от 26 ноября 2020.

Положения, выносимые на защиту

1. Показатели, характеризующие работу триггерной системы у современных

наркотно-дыхательные и реанимационных аппаратов, существенно не отличаются. Показатели, характеризующие набор и достижение заданного давления поддержки, большинства наркотно-дыхательных аппаратов значительно уступают реанимационным аппаратам искусственной вентиляции легких.

2. Использование режима поддержки давлением на протяжении всей общей комбинированной анестезии без применения миорелаксантов ведет к улучшению показателей оксигенации артериальной крови и снижению давления в дыхательных путях, по сравнению с режимами принудительной вентиляции.

3. Искусственная вентиляция легких в режиме поддержки давлением на этапах поддержания и окончания общей комбинированной анестезии снижает время пробуждения, экстубации и перевода из операционной по сравнению с искусственной вентиляцией легких в принудительном режиме.

4. Применение режима поддержки давлением в конце хирургических вмешательств, требующих тотальной миоплегии на основном этапе, снижает частоту и выраженность постэкстубационного кашля.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов подтверждается достаточным объемом клинического материала, современными методами исследования, параметрическими и непараметрическими методами статистического анализа, теоретическим обоснованием полученных результатов. Подготовка, анализ и интерпретация данных проведены при помощи компьютерных программ Microsoft office Excel 2019 и IBM SPSS Statistics v.23.

Основные положения диссертации доложены на Научно-образовательной конференции «Актуальные вопросы и инновационные технологии в анестезиологии и реаниматологии» (Санкт-Петербург, 2022); 4-ом Всероссийском конгрессе с международным участием «Актуальные вопросы медицины критических состояний» (Санкт-Петербург 2022); 5-ом Всероссийском конгрессе с международным участием «Актуальные вопросы медицины критических состояний» (Санкт-Петербург, 2023).

Публикации

По теме исследования опубликовано 3 научных работы, все 3 из них представлены в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 113 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав и заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы, включающего 168 библиографических источников (2 отечественных и 166 зарубежных авторов). Диссертация содержит 17 таблиц и 10 рисунков, находящихся в тексте.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Дизайн исследования. Исследование носит проспективный характер и содержит в себе три составные части. Первая часть является экспериментальной, включает в себя сравнение 5-ти реанимационных и 5-ти наркозно-дыхательных аппаратов. Во второй и третьей частях исследования суммарно обследовано 158 пациентов (100 и 58, соответственно).

В первой части исследования, с целью сравнения работы режима PSV на наркозных и реанимационных дыхательных машинах, протестировано пять наркозно-дыхательных аппаратов: GE Avance S/5, GE Carestation 650, GE Aisys CS2 фирмы GE Healthcare, Mindray WATO EX-65, Dräger Primus. Технические характеристики оценили также у пяти реанимационных аппаратаов ИВЛ: Hamilton C1, Hamilton C2, Puritane Bennette 840, Puritane Bennette 980, GE Engström Carestation. Сравнение аппаратов проводилось при помощи моделирующего дыхательного устройства ASL 5000 фирмы Ingmar medical.

Во второй части исследования, посвященной изучению влияния режима интраоперационной вентиляции на газообмен, временные параметры пробуждения, основные показатели гемодинамики и механики дыхания, проводили сравнительную оценку режима самостоятельного дыхания с поддержкой давлением (PSV) и режима принудительной вентиляции с управлением по объему (VCV) у 100 пациентов, которым выполнялись малотравматичные оперативные вмешательства на нижних конечностях, в условиях общей комбинированной анестезии без применения миорелаксантов. Для обеспечения проходимости верхних дыхательных путей устанавливался надгортанный воздуховод (НГВ) I-Gel. Все пациенты проходили лечение в отделениях на травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России в 2020-2022 гг.

В третьей части исследования проводили сравнительную оценку показателей гемодинамики и газообмена, временных параметров пробуждения, выраженности постэкстубационного кашля у 58 пациентов общехирургического профиля в конце общей комбинированной анестезии с интубацией трахеи, в ходе которой проводили миорелаксацию на основном этапе оперативного вмешательства. Пациенты были разделены на две группы: в первой проводили респираторную поддержку в объеме принудительного режима с двойным управлением (PCV-VG) до момента экстубации, во второй группе пациентов осуществляли перевод в режим поддержки давлением (PSV) после окончания основного этапа оперативного вмешательства и ушивания апоневроза передней брюшной стенки. Все пациенты проходили лечение на хирургических отделениях ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России в 2020-2022 гг.

Методы исследования

В первой части исследования у всех тестируемых аппаратов оценивали показатели, характеризующие работу инспираторного триггера:

- время задержки срабатывания триггера;
- максимальное снижение давления ниже уровня положительного давления конца выдоха (ПДКВ) при инициации вдоха;
- показатель РТР (pressure-time product) до запуска вдоха аппаратом.

Также оценивали показатели, характеризующие процесс достижения заданного давления поддержки:

- уровень достигнутого давления на 300 мс от начала вдоха респиратором;
- уровень достигнутого давления на 500 мс от начала вдоха респиратором.

С целью стандартизации тестовых вдохов, моделирующее устройство было запрограммировано на 2 типа попыток, обеспечивающих без поддержки давлением дыхательные объемы 220 мл (слабая попытка) и 440 мл (нормальная попытка). Давление окклюзии через 100 мс ($P_{0,1}$) при слабой попытке составляло -2 см вод. ст., а при нормальной -4 см вод. ст. Параметры механики дыхания «тестового легкого» были установлены на нормальные значения: С (compliance, растяжимость) =50 мл/см вод. ст.; R (resistance, сопротивление) =6 см вод. ст./л/с.

Все показатели, характеризующие работу триггерной системы и набор инспираторного давления, перечисленные выше, измерялись для каждого наркозно-дыхательного и реанимационного аппарата ИВЛ при трех уровнях давления поддержки, равных 10, 15, 20 см вод. ст., а также при двух уровнях предустановленного ПДКВ, равных 0 и 5 см вод. ст.. При каждом измерении проводилась регистрация пяти дыхательных попыток.

Инспираторный триггер тестируемого аппарата был настроен на максимально чувствительную величину, при которой не возникало автотриггирования; время достижения заданного давления устанавливали на минимальную величину, а переключение с вдоха на выдох для всех аппаратов было установлено на 25% от максимального инспираторного потока.

Во второй части исследования, помимо регистрации основных мониторируемых параметров гемодинамики, глубины анестезии, газообмена и механики дыхания (ЧСС, АДср, BIS, SpO₂, EtCO₂, Рпик, Рср) в шести временных точках (непосредственно перед индукцией общей анестезии, через десять минут, через один час после индукции, за десять минут до конца операции, через десять минут после пробуждения, через час после перевода из операционной в палату профильного отделения), через час после ее индукции однократно осуществляли забор образца артериальной крови с последующей оценкой рН, парциального давления кислорода и углекислого газа, индекса Горовица (PaO₂/FiO₂). Оценку временных показателей пробуждения проводили по алгоритму, включающему пять точек: открывание глаз, рукопожатие, экстубация, способность назвать имя и дату рождения, перевод из операционной. Отсчет начинали с момента отключения подачи ингаляционного анестетика и увеличения потока свежей смеси до 10 л/мин (Haevner J.E. et al., 2003).

В третьей части исследования проводили регистрацию основных параметров гемодинамики и газообмена (ЧСС, АДср, SpO₂) непосредственно перед экстубацией, а также

через 5 минут после нее при спонтанном дыхании пациента. Оценку временных показателей пробуждения проводили по той же методике, что и во второй части исследования. Оценку выраженности кашля после экстубации проводили с помощью шкалы, включающей в себя 4 категории: отсутствие кашля, легкий, умеренный, тяжелый кашель (Minogue S.C. et al., 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Режим поддержки давлением на наркозно-дыхательных и реанимационных аппаратах искусственной вентиляции легких

Цель первой части исследования, проведенной с помощью дыхательного симулятора ASL 5000 – сравнение работы некоторых современных наркозно-дыхательных аппаратов с реанимационными респираторами. Такое исследование было бы абсолютно невозможным в клинических условиях, поскольку только при помощи моделирующего устройства можно обеспечить полностью идентичные вдохи с неизменной механикой дыхания.

Работу триггерной системы мы оценивали с помощью трех показателей (задержка триггера, максимальное снижение давления, РТР). Все они имели достоверные различия между наркозно-дыхательными и реанимационными аппаратами ИВЛ ($p < 0,0001$).

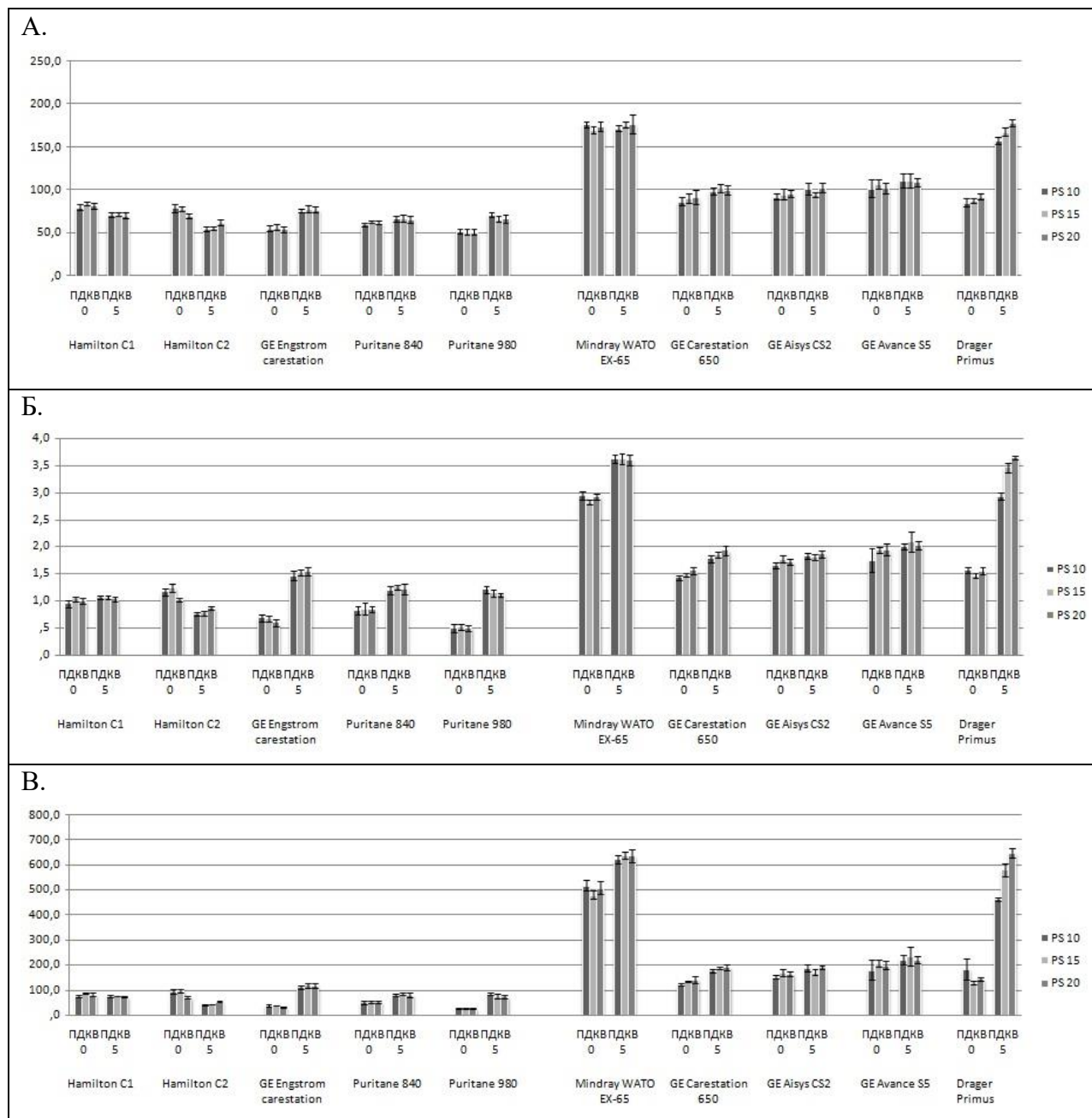
Пожалуй, одним из важнейших показателей работы триггерной системы является временная задержка отклика аппарата на дыхательную попытку пациента.

Время задержки срабатывания триггера у тестируемых реанимационных аппаратов ИВЛ укладывалось в диапазон от 50 до 80 мс (Hamilton C1 $71,6 \pm 2,3$ мс; Hamilton C2 $55,6 \pm 2,41$ мс; GE Engström Carestation $78,2 \pm 4,38$ мс; Puritane Bennette 840 $67,2 \pm 4,09$ мс; Puritane Bennette 980 $66,0 \pm 3,16$ мс). У более современных анестезиологических машин этот показатель составил около 90-110 мс (GE Avance S/5 $111,0 \pm 7,78$ мс; GE Carestation 650 $102,2 \pm 4,66$ мс; GE Aisys CS2 $94,4 \pm 3,21$ мс). У двух из пяти наркозно-дыхательных аппаратов (Dräger Primus, Mindray WATO EX-65) этот показатель превышал значение 150 мс ($167,6 \pm 4,77$ мс; $176,0 \pm 3,67$ мс, соответственно) (рисунок 1, А). Указанные цифры представлены при $P_{0,1} = -4$ см вод. ст., давление поддержки = 15 см вод. ст., ПДКВ = 5 см вод. ст.

По представленным результатам видно, что у реанимационных респираторов этот показатель не превышает 80 мс. У большинства наркозно-дыхательных аппаратов он составлял около 100 мс, что больше, чем у реанимационных ($p < 0,0001$), однако с клинических позиций, по-видимому, является вполне приемлемым. У двух наркозных аппаратов, которые уже давно используются в клинической практике, временная задержка триггерной системы составила порядка 150-200 мс, что может оказывать значимое влияние на комфорт дыхания пациента.

Максимальное снижение давления ниже уровня положительного давления конца выдоха (ПДКВ) до запуска вдоха аппаратом тесно связано с предыдущим показателем, поскольку замедление в ответе на инспираторную попытку приводит к созданию большего разряжения давления перед запуском вдоха. Вероятно, оптимальный диапазон для этого показателя составляет 1-2 см вод. ст. Как правило, в этом интервале выставляется чувствительность инспираторного триггера по давлению. Если снижение

давления достигает 4 см вод. ст. пациент уже может испытывать дискомфорт при осуществлении дыхательной попытки.



А – время задержки срабатывания триггера (мс); Б – максимальное снижение давления при инициации вдоха (см H₂O); В – показатель РТР (мс × см H₂O).

Рисунок 1 – Показатели, характеризующие работу триггерной системы реанимационных и наркозно-дыхательных аппаратов ИВЛ, измеренные на трех уровнях давления поддержки (10, 15, 20 см H₂O) и двух уровнях ПДКВ (0, 5 см H₂O), в условиях нормальной дыхательной попытки (P_{0,1} = -4см H₂O). Данные представлены в виде среднего ± стандартное отклонение

Максимальное снижение давления ниже ПДКВ до запуска вдоха аппаратом у большинства реанимационных респираторов не превышало 1,5 см вод. ст. (Hamilton C1

1,05±0,03 см вод. ст.; Hamilton C2 0,76±0,04 см вод. ст.; GE Engström Carestation 1,52±0,05 см вод. ст.; Puritane Bennette 840 1,25±0,05 см вод. ст.; Puritane Bennette 980 1,14±0,06 см вод. ст.). У большей части наркозно-дыхательных аппаратов этот показатель составлял около 2 см вод. ст. (GE Avance S/5 2,09±0,19 см вод. ст.; GE Carestation 650 1,85±0,05 см вод. ст.; GE Aisys CS2 1,8±0,06 см вод. ст.), у этих машин также отмечали минимальные значения времени задержки срабатывания триггера. Наибольшее максимальное снижение давления ниже ПДКВ при запуске вдоха выявлено у двух наркозно-дыхательных аппаратов, (Dräger Primus 3,46±0,09 см вод. ст.; Mindray WATO EX-65 3,62±0,1 см вод. ст.), у которых также отмечали максимальное значение времени задержки срабатывания триггера (рисунок 1, Б). Указанные цифры представлены при $P_{0,1} = -4$ см вод. ст., давление поддержки = 15 см вод. ст., ПДКВ = 5 см вод. ст.

Также интересны результаты, полученные при оценке показателя РТР (pressure-time-product) до запуска вдоха аппаратом. Он является производным двух предыдущих, поэтому полученные результаты оказались вполне предсказуемыми.

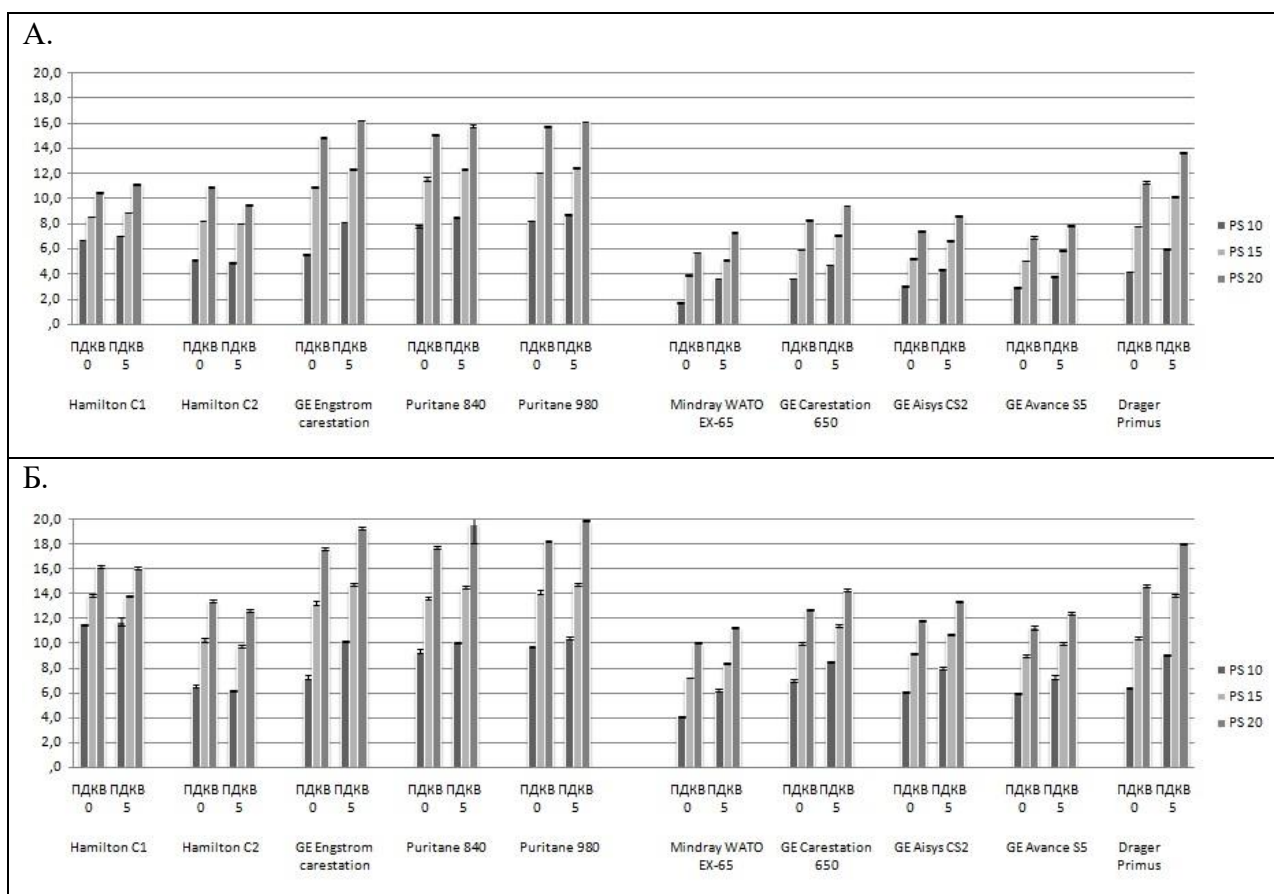
Минимальные значения получены у реанимационных аппаратов ИВЛ (Hamilton C1 76,35±0,48 мс × см вод. ст.; Hamilton C2 42,41±1,6 мс × см вод. ст.; GE Engström Carestation 119,2±9,59 мс × см вод. ст.; Puritane Bennette 840 84,12±5,1 мс × см вод. ст.; Puritane Bennette 980 75,1±7,31 мс × см вод. ст.). У трех анестезиологических машин этот показатель составил около 200 мс × см вод. ст. (GE Avance S/5 233,65±37,25 мс × см вод. ст.; GE Carestation 650 188,67±5,53 мс × см вод. ст.; GE Aisys CS2 170,41±10,63 мс × см вод. ст.). Наибольшие значения этого показателя выявлены у аппаратов Dräger Primus и Mindray WATO EX-65 (580,22±27,78 мс × см вод. ст.; 636,52±14,03 мс × см вод. ст.) (рисунок 1, В). Указанные цифры представлены при $P_{0,1} = -4$ см вод. ст., давление поддержки = 15 см вод. ст., ПДКВ = 5 см вод. ст.

Таким образом, все реанимационные аппараты по каждому из сравниваемых показателей срабатывания триггера превосходят наркозно-дыхательные ($p < 0,0001$). Обусловлено это, скорее всего, принципиальными отличиями в конструкции их приводов. Однако у современных наркозно-дыхательных аппаратов различия с реанимационными респираторами по этим показателям не столь существенные, и клинически вряд ли являются значимыми.

При анализе результатов, характеризующих набор заданного давления поддержки (измерение давления в дыхательном контуре на 300 мс и 500 мс после начала вдоха аппаратом), также установлено, что большинство реанимационных респираторов (респираторы с пневматическим приводом) ($p < 0,0001$) превосходит наркозно-дыхательные аппараты. Такие результаты, вероятнее всего, также связаны с особенностями привода.

При измерении уровня достигнутого давления на 300 и 500 мс (рисунок 2) было выявлено, что наиболее быстрый набор давления обеспечивали реанимационные аппараты с пневматическим приводом ($p < 0,0001$), и их показатели оказались ближе к целевому давлению поддержки (GE Engström Carestation 12,34±0,04 см вод. ст., 14,79±0,1 см вод. ст.; Puritane Bennette 840 12,37±0,06 см вод. ст., 14,54±0,09 см вод. ст.; Puritane Bennette 980 12,49±0,04 см вод. ст., 14,74±0,14 см вод. ст.). У турбинных респираторов эти показатели

оказались значимо меньше ($p < 0,0001$), на 25-30% (Hamilton C1 $8,91 \pm 0,02$ см вод. ст., $13,84 \pm 0,11$ см вод. ст.; Hamilton C2 $8,04 \pm 0,02$ см вод. ст., $9,73 \pm 0,11$ см вод. ст.). У наркотных аппаратов с двухконтурной пневматической конструкцией значения давления также оказались значимо меньше ($p < 0,0001$), уже на 40% по сравнению с пневмокомпрессорными реанимационными респираторами (GE Avance S/5 $5,88 \pm 0,07$ см вод. ст., $9,99 \pm 0,15$ см вод. ст., GE Carestation 650 $7,11 \pm 0,03$ см вод. ст., $11,46 \pm 0,1$ см вод. ст., GE Aisys CS2 $6,62 \pm 0,04$ см вод. ст., $10,72 \pm 0,08$ см вод. ст., Mindray WATO EX-65 $5,14 \pm 0,04$ см вод. ст., $8,37 \pm 0,04$ см вод. ст.). Все наркотные аппараты не обеспечивали целевого давления поддержки через 500 мс от запуска вдоха аппаратом, в отличие от большинства реанимационных аппаратов ИВЛ. Однако, уровень достигнутого давления через 300 и 500 мс от начала вдоха у наркотного дыхательного аппарата Dräger Primus ($10,17 \pm 0,03$ см вод. ст., $13,87 \pm 0,08$ см вод. ст.) с электропоршневым приводом максимально приблизился к пневмокомпрессорным ИВЛ, и оказался выше, чем у турбинных ($p < 0,0001$). Указанные цифры представлены при $P_{0,1} = -4$ см вод. ст., давление поддержки = 15 см вод. ст., ПДКВ = 5 см вод. ст.



А – уровень достигнутого давления на 300 мс от начала вдоха респиратором (мс × см H₂O);

Б – уровень достигнутого давления на 500 мс от начала вдоха респиратором (мс × см H₂O).

Рисунок 2 – Показатели инспираторного давления через 300 мс и 500 мс после запуска вдоха аппаратом ИВЛ, измеренные на трех уровнях давления поддержки (10, 15, 20 см H₂O) и двух уровнях ПДКВ (0, 5 см H₂O), в условиях нормальной дыхательной попытки ($P_{0,1} = -4$ см H₂O).

Данные представлены в виде среднего ± стандартное отклонение

Клиническая интерпретация полученных результатов сложна, поскольку в литературе отсутствуют сведения о нормальных значениях этих показателей. Тем не менее, низкий уровень давления через 300 и 500 мс после запуска вдоха может свидетельствовать о неадекватном инспираторном потоке, что может вызвать выраженную асинхронию с аппаратом ИВЛ и, как следствие, привести к нарушениям газообмена и увеличению работы дыхания. А во время общей анестезии и к увеличению потребления анестетика, что в свою очередь, повлечет удлинение времени пробуждения, экстубации и перевода из операционной.

Таким образом, наркозно-дыхательные аппараты двухконтурной пневматической конструкции уступают реанимационным в наборе заданного давления поддержки ($p < 0,0001$) и не достигают целевого уровня давления поддержки даже через 500 мс от срабатывания инспираторного триггера, в отличие от большинства респираторов для интенсивной терапии.

Применение режима поддержки давлением во время общей комбинированной анестезии без использования миорелаксантов

Во вторую часть исследования, где проводили оценку влияния режима интраоперационной вентиляции на газообмен, основные мониторируемые параметры гемодинамики и скорость пробуждения, было включено 100 пациентов, 50 из которых были отнесены к группе с использованием режима поддержки давлением (группа PSV), 50 пациентов к группе с принудительной вентиляцией с управлением по объему (группа VCV).

Исходные характеристики пациентов обеих групп, а также длительность оперативных вмешательств и анестезии представлены в таблице 1. Не было выявлено значимых различий по половому составу, возрасту, индексу массы тела, физическому статусу по шкале ASA, а также продолжительности операции и анестезии.

Таблица 1 – Характеристики пациентов и длительности оперативных вмешательств во второй части исследования (данные представлены в виде абсолютных чисел, либо среднего \pm стандартное отклонение, либо медианы с межквартильным интервалом (25; 75))

Показатель	VCV (n=50)	PSV (n=50)	Уровень значимости p
Пол мужчины/женщины	20/30	18/32	0,556
Возраст (лет)	43 \pm 14	43 \pm 13	0,790
ИМТ (вес (кг)/рост (м ²))	26 (24; 28)	27 (24; 28)	0,390
Класс по ASA 1/2	28/22	24/26	0,258
Длительность операции (мин)	70 (60; 120)	80 (60; 100)	0,789
Длительность анестезии (мин)	120 (90; 158)	130 (95; 160)	0,664

Через час после проведения индукции анестезии показатели кислотно-основного и газового состава артериальной крови различались между группами. В группе PSV наблюдали

более низкие значения рН ($7,34 \pm 0,02$ в группе PSV и $7,4 \pm 0,03$ в группе VCV; $p < 0,0001$), более высокое парциальное давление кислорода (220 (190; 254) мм рт. ст. в группе PSV и 198 (182; 220) мм рт. ст. в группе VCV; $p = 0,006$), различались значения индекса Горовица (400 (378; 441) в группе PSV и 355 (320; 407) в группе VCV; $p = 0,005$) и парциального давления углекислого газа (44 (43; 46) мм рт. ст. в группе PSV и 38 (35; 39) мм рт. ст. в группе VCV; $p < 0,0001$) (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели кислотно-основного и газового состава артериальной крови, индекс PaO_2/FiO_2 через 1 час после индукции общей анестезии во второй части исследования (данные представлены в виде среднего \pm стандартное отклонение, либо медианы с межквартильным интервалом (25; 75))

Показатель	VCV	PSV	Уровень значимости p
рН	$7,4 \pm 0,03$	$7,34 \pm 0,02$	$< 0,0001$
PaO_2 (мм рт. ст.)	198 (182; 220)	220 (190; 254)	0,006
$PaCO_2$ (мм рт. ст.)	38 (35; 39)	44 (43; 46)	$< 0,0001$
PaO_2/FiO_2	355 (320; 407)	400 (378; 441)	0,005

Во всех точках измерения, среднее давление в дыхательных путях было ниже в группе PSV, чем в группе VCV ($p < 0,0001$), а пиковое давление было ниже через один час после индукции и за 10 минут до конца операции ($p < 0,0001$). Значение медианы давления поддержки во всех точках измерения составило 10 см вод. ст. (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели механики дыхания во время общей анестезии во второй части исследования (данные представлены в виде медианы с межквартильным интервалом (25; 75)). В случае наличия статистически достоверных различий ($p < 0,05$) между режимами вентиляции в одной временной точке цифры помечаются *

Показатель	Режим ИВЛ	Временная точка		
		10 минут после индукции	1 час после индукции	10 минут до конца операции
Среднее давление в дыхательных путях (см вод. ст.)	VCV	7 (7; 8) *	8 (7; 8) *	8 (7; 9) *
	PSV	6 (5; 6) *	6 (6; 7) *	6 (6; 7) *
Пиковое давление в дыхательных путях (см вод. ст.)	VCV	14 (13; 15)	15 (14; 16) *	16 (15; 17) *
	PSV	13 (12; 14)	13 (12; 14) *	13 (11; 15) *

Улучшение оксигенации, а также отчасти снижение среднего и пикового давлений в дыхательных путях в группе режима с поддержкой давлением может быть связано

с улучшением распределения вентиляции в зависимых областях легких, за счет сохраненной работы диафрагмы (Eichenberger A. et al., 2002; Kleinman B.S. et al., 2002).

Одновременно с улучшением оксигенации мы наблюдали рост конечно-экспираторной концентрации углекислого газа, его парциального давления в артериальной крови, а также снижение величины рН за счет респираторного компонента. Основной причиной данного явления является депрессивное влияние наркотических анальгетиков на дыхательный центр.

Отдельно хочется отметить, что отсутствуют статистически значимые различия между группами в отношении основных параметров гемодинамики (ЧСС, АДср), а также показателей глубины анестезии (индекс BIS), что свидетельствует об адекватности проводимой анестезии в обеих группах (таблица 4).

Таблица 4 – Основные мониторируемые параметры до, во время и после общей анестезии во второй части исследования (данные представлены в виде среднего \pm стандартное отклонение, либо медианы с межквартильным интервалом (25; 75)). В случае наличия статистически достоверных различий ($p < 0,05$) между режимами вентиляции в одной временной точке цифры помечаются *

Показатель	Режим ИВЛ	Временная точка					
		до индукции	10 минут после индукции	1 час после индукции	10 минут до конца операции	10 минут после экстубации	1 час после экстубации
ЧСС (уд/мин)	VCV	84 \pm 10	64 \pm 10	64 \pm 10	65 \pm 9	79 \pm 11	72 \pm 5
	PSV	81 \pm 8	60 \pm 7	66 \pm 10	69 \pm 8	79 \pm 5	71 \pm 4
АДср (мм рт. ст.)	VCV	98 (94; 109)	73 (68; 76)	74 (70; 83)	80 (70; 84)	90 (82; 96)	89 (84; 93)
	PSV	99 (93; 105)	71 (69; 79)	74 (68; 85)	79 (71; 90)	96 (85; 98)	89 (86; 94)
SpO ₂ (%)	VCV	98 (97; 98)	99 (99; 100)	99 (99; 100)	99 (98; 99)	97 (96; 98)	97 (97; 98)
	PSV	98 (97; 98)	99 (99; 100)	99 (98; 100)	99 (98; 99)	97 (97; 99)	97 (97; 98)
EtCO ₂ (мм рт. ст.)	VCV	35 (33; 37)	33 (33; 35)*	35 (34; 37)*	35 (34; 37)*	38 (37; 39)	–
	PSV	34 (34; 38)	41 (38; 44)*	41 (39; 42)*	39 (37; 42)*	38 (35; 41)	–
BIS	VCV	–	42 \pm 5	45 \pm 5	46 \pm 4	–	–
	PSV	–	41 \pm 5	43 \pm 5	47 \pm 4	–	–

Помимо значимого улучшения оксигенации и снижения давления в дыхательных путях на фоне стабильных показателей гемодинамики, важным результатом проведенного исследования является то, что интраоперационное применение режима вентиляции с поддержкой давлением на протяжении всей общей анестезии без использования миорелаксантов, позволило значимо сократить время пробуждения (233 ± 58 сек для группы PSV против 352 ± 83 сек для группы VCV), время удаления устройства, обеспечивающего проходимость верхних дыхательных путей (268 ± 62 сек для группы PSV против 298 ± 84 сек для группы VCV), и время перевода из операционной (395 ± 60 сек для группы PSV против 571 ± 66 сек для группы VCV) ($p < 0,0001$) (таблица 5).

Таблица 5 – Временные показатели пробуждения во второй части исследования (данные представлены в виде среднего \pm стандартное отклонение)

Показатель	VCV	PSV	Уровень значимости p
Открытие глаз (сек)	352 ± 83	233 ± 58	$< 0,0001$
Пожатие руки (сек)	375 ± 81	254 ± 60	$< 0,0001$
Удаление НГВ (сек)	398 ± 84	268 ± 62	$< 0,0001$
Назвать имя (сек)	436 ± 81	300 ± 62	$< 0,0001$
Назвать день рождения (сек)	472 ± 76	321 ± 65	$< 0,0001$
Перевод из операционной (сек)	571 ± 66	395 ± 60	$< 0,0001$

Достаточно трудно объяснить меньшее время пробуждения в случае использования режима поддержки давлением, ведь индукционные и поддерживающие дозы анестетиков и наркотических анальгетиков (таблица 6), длительность операции (таблица 1), индекс BIS (таблица 4) не имеют значимых статистических различий между двумя группами.

Таблица 6 – Дозы опиоидов и анестетиков во время индукции и поддержания общей анестезии во второй части исследования (данные представлены в виде медианы с межквартильным интервалом (25; 75))

Показатель	VCV	PSV	Уровень значимости p
Индукционная доза пропофола (мг/кг)	2,5 (2,3; 2,76)	2,58 (2,33; 2,98)	0,14
Индукционная доза фентанила (мкг/кг)	2,35 (1,92; 2,78)	2,22 (1,57; 2,69)	0,239
Доза фентанила для поддержания общей анестезии (мкг/кг/час)	1,32 (1,18; 1,58)	1,41 (1,26; 1,56)	0,279
Расход десфлурана (мл/ч)	21 (21; 22)	21 (20; 22)	0,181

Возможно, более быстрому пробуждению при сохранении спонтанного дыхания во время анестезии, способствует умеренная гиповентиляция. Так по данным некоторых

авторов, более высокий уровень конечно-эспираторного углекислого газа в конце оперативного вмешательства приводит к увеличению мозгового кровотока и сердечного выброса, за счет чего выведение ингаляционного анестетика из организма осуществляется быстрее (Shinohara A. et al., 2021).

Таким образом, результаты второй части исследования, показывают, что применение режима поддержки давлением на протяжении всей анестезии без использования миорелаксантов улучшает интраоперационную оксигенацию и механику дыхания, а также сокращает время пробуждения, удаления надгортанного воздуховода и перевода пациента на отделение по сравнению с респираторной поддержкой в режиме принудительной вентиляции.

Применение режима поддержки давлением в конце общей комбинированной анестезии, сопровождающейся интубацией трахеи и введением миорелаксантов

В третьей части работы, с целью оценки влияния режима поддержки давлением на основные показатели гемодинамики и оксигенации, скорость пробуждения и перевода на отделение, частоту и выраженность постэкстубационного кашля проанализированы результаты обследования 58 пациентов, поровну распределенных на две группы, в зависимости от режима искусственной вентиляции легких на завершающем этапе общей анестезии (группа PCV-VG n=29 и группа PSV n=29).

Исходные характеристики пациентов обеих групп, а также длительности оперативных вмешательств и анестезии представлены в таблице 7. Не было выявлено значимых различий по возрасту, индексу массы тела, физическому статусу по шкале ASA, а также продолжительности операции и анестезии.

Таблица 7 – Характеристики пациентов и длительности оперативных вмешательств в третьей части исследования (данные представлены в виде абсолютных чисел, либо среднего \pm стандартное отклонение, либо медианы с межквартильным интервалом (25; 75))

Показатель	PCV-VG (n=29)	PSV (n=29)	Уровень значимости p
Пол мужчины/женщины	14/15	11/18	0,251
Возраст (лет)	49,8 \pm 9,6	48,9 \pm 12,5	0,752
ИМТ (вес (кг)/рост (м ²))	28 (24; 32)	29 (26;36)	0,322
Класс по ASA 1/2/3	4/22/3	3/20/6	0,362
Длительность операции (мин)	80 (65;115)	80 (70; 120)	0,994
Длительность анестезии (мин)	145 (135; 190)	150 (135; 200)	0,564

По результатам проведенного исследования выявлено, что режим искусственной вентиляции в конце оперативного вмешательства оказывает значимое влияние на показатели среднего артериального давления ($p < 0,0001$) и частоты сердечных сокращений ($p = 0,013$) перед экстубацией, которые были ниже в группе режима самостоятельного дыхания с поддержкой давлением по сравнению с группой с принудительным режимом вентиляции.

Однако этот эффект был временным, поскольку через 5 минут после экстубации данные показатели уже значимо не отличались (таблица 8). Вероятнее всего, данное различие непосредственно перед экстубацией связаны с большим комфортом пациента, находящегося в сознании и получающего поддержку своих собственных вдохов, а не принудительную вентиляцию, которая не обеспечивает синхронизацию между пациентом и аппаратом ИВЛ.

Таблица 8 – Показатели гемодинамики, оксигенации и нервно-мышечной проводимости в третьей части исследования (данные представлены в виде среднего±стандартное отклонение)

Показатель	PCV-VG	PSV	Уровень значимости p
ЧСС до экстубации (уд/мин)	93±6	89±6	0,013
ЧСС через 5 минут после экстубации (уд/мин)	80±5	79±6	0,594
АДср до экстубации (мм рт. ст.)	103±7	96±5	< 0,0001
АДср через 5 мин после экстубации (мм рт. ст.)	99±7	95±17	0,318
SpO ₂ до экстубации (%)	98±1	99±1	0,636
SpO ₂ через 5 мин после экстубации (%)	94±2	96±1	< 0,0001
ТОF до экстубации (%)	95±4	95±3	0,369

Показатели сатурации (SpO₂), спустя 5 минут после экстубации, были значимо выше в группе PSV, по сравнению с группой PCV-VG ($p < 0,0001$), однако разница средних значений составила всего 2%. Перед экстубацией подобных различий не получено (таблица 8). Улучшение показателей оксигенации в раннем послеоперационном периоде при интраоперационном применении режима поддержки давлением, по-видимому, связано с изменениями в механике дыхания и улучшением вентиляции зависимых областей легких, о чем уже говорилось ранее.

Также в работе выявлена значимая связь между режимом вентиляции, используемым перед экстубацией, и тяжестью постэкстубационного кашля ($p < 0,0001$). В группе самостоятельного дыхания с поддержкой давлением интенсивность кашля была меньшей ($p = 0,003$). Умеренный и сильный кашель были отмечены у 20/29 пациентов в группе PCV-VG, в то время как в группе PSV у 8/29 пациентов (таблица 9). Многие исследователи предлагают различные фармакологические методы снижения раздражения дыхательных путей, связанных с интубационной трубкой (Kovac A.L. et al., 2007; Tanaka Y. et al., 2009; Lee J.H. et al., 2011). Исходя из результатов проведенного исследования, к вышеперечисленным мерам можно отнести и режим вентиляции с поддержкой давлением, используемый перед экстубацией.

Как и в случае применения PSV при поддержании анестезии, его применение на завершающем этапе общей анестезии приводит к значимому снижению времени пробуждения (252±67 сек для группы PSV против 426±71 сек для группы PCV-VG), экстубации (287±55 сек для группы PSV против 464±67 сек для группы PCV-VG), перевода пациента на отделение (473±60 сек для группы PSV против 687±77 сек для группы PCV-VG) ($p < 0,0001$) (таблица 10).

Таблица 9 – Выраженность постэкстубационного кашля (данные представлены в виде абсолютных чисел, либо среднего \pm стандартное отклонение)

Показатель	PCV-VG	PSV	Уровень значимости p
Кашель отсутствует (всего человек)	2	4	< 0,0001
Легкий кашель (всего человек)	7	17	
Умеренный кашель (всего человек)	13	6	
Тяжелый кашель (всего человек)	7	2	
Средний балл	2,86 \pm 0,88	2,21 \pm 0,77	0,003

Таблица 10 – Временные показатели пробуждения в третьей части исследования (среднего \pm стандартное отклонение)

Показатель	PCV-VG	PSV	Уровень значимости p
Открытие глаз (сек)	426 \pm 71	252 \pm 67	< 0,0001
Пожатие руки (сек)	453 \pm 68	278 \pm 57	< 0,0001
Экстубация (сек)	464 \pm 67	287 \pm 55	< 0,0001
Назвать имя (сек)	502 \pm 77	321 \pm 58	< 0,0001
Назвать день рождения (сек)	534 \pm 92	342 \pm 66	< 0,0001
Перевод из операционной (сек)	687 \pm 77	473 \pm 60	< 0,0001

Несмотря на полученные различия во временных показателях пробуждения, дозы опиоидов и анестетиков, использованных для индукции и поддержания общей анестезии, не отличались между группами (таблица 11), также как и значения индекса TOF непосредственно перед экстубацией (таблица 8).

Таблица 11 – Дозы опиоидов и анестетиков во время индукции и поддержания общей анестезии в третьей части исследования (данные представлены в виде среднего \pm стандартное отклонение, либо медианы с межквартильным интервалом (25; 75))

Показатель	PCV-VG	PSV	Уровень значимости p
Индукционная доза пропофола (мг/кг)	2,54 \pm 0,45	2,45 \pm 0,40	0,423
Индукционная доза фентанила (мкг/кг)	2,56 \pm 0,57	2,33 \pm 0,62	0,161
Доза фентанила для поддержания общей анестезии (мкг/кг/час)	1,85 \pm 1,08	1,97 \pm 1,09	0,555
Расход десфлурана (мл/ч)	20 (21; 22)	20 (21; 22)	0,537

Таким образом, полученные в третьей части исследования результаты свидетельствуют о том, что применение режима поддержки давлением может быть

эффективно не только на протяжении всей анестезии без применения миорелаксантов, но и на завершающем этапе общей анестезии, сопровождающейся интубацией трахеи и тотальной миоплегией на основном этапе. Такой подход к респираторной поддержке на завершающем этапе общей анестезии позволяет не только сократить время пробуждения, экстубации и перевода пациента из операционной, но и снизить частоту и выраженность постэкстубационного кашля, сделав пробуждение более комфортным.

ВЫВОДЫ

1. Показатели работы триггерной системы современных наркозно-дыхательных аппаратов близки к реанимационным респираторам, в большинстве случаев время задержки срабатывания триггера не превышает 100 мс.

2. Наркозно-дыхательные аппараты электропоршневой конструкции максимально приближаются к реанимационным аппаратам по скорости набора заданного давления поддержки. Аппараты пневматической двухконтурной конструкции по этому показателю существенно уступают реанимационным респираторам.

3. Искусственная вентиляция легких в режиме поддержки давлением на всем протяжении общей комбинированной анестезии без применения миорелаксантов с использованием надгортанных воздухопроводов приводит к улучшению оксигенации артериальной крови и снижению давления в дыхательных путях, что сопровождается умеренным ростом парциального давления углекислого газа по сравнению с принудительной вентиляцией.

4. Применение респираторной поддержки в режиме PSV на протяжении всей общей комбинированной анестезии, а также на завершающем ее этапе уменьшает время пробуждения, экстубации и перевода на отделение по сравнению с искусственной вентиляцией легких в принудительном режиме.

5. Применение режима самостоятельного дыхания с поддержкой давлением в конце хирургических вмешательств, проводимых в условиях общей комбинированной анестезии с интубацией трахеи, приводит к снижению частоты и выраженности постэкстубационного кашля по сравнению с проведением принудительной вентиляции до конца анестезии.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При использовании режима поддержки давлением во время общей анестезии целесообразно устанавливать максимальную чувствительность триггерной системы и минимальное время достижения заданного давления.

2. При проведении общей анестезии с использованием надгортанных воздухопроводов во время малотравматичных оперативных вмешательств, не требующих введения миорелаксантов, целесообразно использовать режим самостоятельного дыхания с

поддержкой давлением с целью предотвращения выраженной депрессии дыхания однократная доза фентанила не должна превышать 50 мкг, а поддерживающая минимальная альвеолярная концентрация ингаляционного анестетика 0,9-1 МАК.

3. С целью инициации самостоятельного дыхания во время общей анестезии целесообразно использовать режим синхронизированной перемежающейся принудительной вентиляции легких с малой частотой аппаратных вдохов, после появления регулярных спонтанных дыхательных попыток переводить в режим поддержки давлением.

4. С целью ускорения пробуждения, экстубации и перевода пациента из операционной на профильное отделение целесообразно использовать режим поддержки давлением как на протяжении всей анестезии, не сопровождающейся введением миорелаксантов, так и в конце оперативных вмешательств, требующих их введения.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективным направлением является дальнейшее накопление материала по использованию режима поддержки давлением во время общей анестезии для оценки влияния такого подхода к интраоперационной искусственной вентиляции легких на частоту послеоперационных легочных осложнений, особенно, у пациентов с имеющейся дыхательной патологией.

Получение дополнительных данных может позволить определить более точно лимитирующие дозы наркотических анальгетиков и анестетиков, разработать дополнительные требования к интраоперационному мониторингу. Также представляется важным изучение такого подхода при более травматичных оперативных вмешательствах, с учетом мультимодального подхода к интраоперационному обезболиванию (применение неопиоидных анальгетиков, сочетанная анестезия).

Применение наркозно-дыхательных аппаратов с приводом турбинного типа, а также адаптивных режимов вентиляции (ASV) может способствовать более частому проведению анестезии с сохраненным дыханием, что также требует проведения дополнительных клинических исследований.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Пыжов, В.А. Сравнение режима поддержки давлением наркозно-дыхательных и реанимационных аппаратов ИВЛ / В.А. Пыжов, К.Н. Храпов // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2022. – Т. 19, № 3. – С. 75-86. (ВАК)**
2. **Пыжов, В.А. Сравнение эффективности режимов поддержки давлением и принудительной вентиляции в конце общей комбинированной анестезии / В.А. Пыжов, К.Н. Храпов, В.М. Мирошкина // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2022. – Т. 19, № 4. – С. 6-14. (ВАК)**
3. **Пыжов, В.А. Сравнение эффективности режимов самостоятельного дыхания с поддержкой давлением и принудительной вентиляции с управлением по объему во**

время общей комбинированной анестезии без использования миорелаксантов / В.А. Пыжов, К.Н. Храпов, А.Е. Кобак // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2022. – Т. 19, № 6. – С. 32-40. (ВАК)

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АДср	– среднее артериальное давление
ИВЛ	– искусственная вентиляция легких
ИМТ	– индекс массы тела
МАК	– минимальная альвеолярная концентрация
НГВ	– надгортанный воздухопровод
ПДКВ	– положительное давление в конце выдоха
ЧСС	– частота сердечных сокращений
ASA	– american society of anesthesiologists
ASV	– adaptive support ventilation
BIS	– bispectral index
С	– compliance / растяжимость
CO ₂	– углекислый газ
EtCO ₂	– концентрация углекислого газа в конце выдоха
FiO ₂	– фракция вдыхаемого кислорода
PaO ₂	– парциальное напряжение кислорода в артериальной крови
PaO ₂ /FiO ₂	– соотношение парциального напряжения кислорода в артериальной крови и фракции вдыхаемого кислорода
PaCO ₂	– парциальное напряжение углекислого газа в артериальной крови
PCV-VG	– pressure control ventilation – volume guaranteed
PSV	– pressure support ventilation
P _{0,1}	– давление в контуре через 100 мс после его окклюзии
R	– resistance / сопротивление
SpO ₂	– сатурация крови кислородом, измеренная накожным датчиком
TOF	– train of four
VCV	– volume control ventilation