На правах рукописи

КОМНОВ
РОМАН ДМИТРИЕВИЧ

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ У КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

3.1.12. – Анестезиология и реаниматология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» (ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского»)

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор, член-корр. РАН
Еременко Александр Анатольевич

Официальные оппоненты:

Савин Иван Анатольевич – доктор медицинских наук, Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии.

Клыпа Татьяна Валерьевна – доктор медицинских наук, Академия постдипломного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», заведующая кафедрой анестезиологии и реаниматологии.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «____» _____202_ года в «_____» часов на заседании Диссертационного совета Д 24.1.204.01 при ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» по адресу 119991, г. Москва, ГСП-1, Абрикосовский переулок, дом 2.

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» по адресу 119991, г. Москва, ГСП-1, Абрикосовский переулок, дом 2 и на сайте www.med.ru.

Автореферат разослан «_____» _____2023 года.

Ученый секретарь Диссертационного совета
доктор медицинских наук **Никода Владимир Владимирович**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы.

Число и сложность выполняемых кардиохирургических вмешательств неуклонно растёт, а современную хирургию невозможно представить без ИВЛ, как компонента анестезиологического пособия, и практически все пациенты после операций на сердце и восходящем отделе аорты переводятся в специализированное ОРИТ на фоне продлённой ИВЛ [Kaplan J.A., 2018].

Несмотря на кратковременность проведения респираторной поддержки в раннем послеоперационном периоде, важно соблюдать основные принципы механической вентиляции лёгких: безопасность и эффективность (минимизация повреждения лёгочной ткани при обеспечении должного артериального газообмена), комфорт (оптимизация отношения работы дыхания, совершаемой пациентом с работой, выполняемой аппаратом ИВЛ), своевременное отлучение [Chatburn R.L., 2011].

Вопреки расхожему мнению, на настоящий момент нет убедительных доказательств в пользу использования того или иного режима ИВЛ в клинической практике [Dabbagh A., 2018].

В последние годы в практику отделений интенсивной терапии активно внедряются методы автоматизированного управления респираторной поддержкой - режимы интеллектуальной вентиляции. Использование данных режимов может обладать существенным преимуществом над традиционным подходом к проведению респираторной поддержки за счет:

1) гарантированного минутного объема вентиляции, независимо от наличия спонтанной дыхательной активности пациента,
2) непрерывной коррекции и автоматического подбора наиболее безопасных параметров вентиляции в зависимости от текущего состояния респираторной системы пациента,
3) автоматического переключения во вспомогательные режимы и возможности скорейшего отлучения пациента от респиратора.

Значительный исследовательский интерес представляет наблюдение за пациентами с высоким риском развития дыхательных нарушений, каковыми являются пациенты с ожирением (индекс массы тела (ИМТ) > 30 кг/м^2). Согласно данным литературы они чаще подвержены респираторным осложнениям и проведение ИВЛ у подобных пациентов чаще сопряжено с различными трудностями [De Jong, A., 2020]. Данных об использовании интеллектуальных режимов ИВЛ у пациентов с ожирением в мировой литературе на настоящий момент практически нет.

Степень разработанности темы исследования

Интеллектуальные технологии респираторной поддержки начинают активно применяться на территории РФ, однако их применение описано в единичных работах [Полупан А.А., 2011; Fot E. et al., 2017; Ананьев Е.П. и соавт., 2017]. Не описаны рекомендации по их применению у различных категорий пациентов. Нет трудов, показывающих сравнение полуавтоматизированных и автоматизированных режимов. Отсутствуют данные о применении интеллектуальных режимов у пациентов с ожирением.

Чтобы оценить готовность врачей и материальную оснащённость отечественных стационаров для использования подобных технологий, выяснить сложности, с которыми может столкнуться медперсонал при использовании интеллектуальных режимов, автором диссертационной работы было проведено анонимное анкетирование.

Цель исследования: разработать оптимальный подход к проведению респираторной поддержки и отлучению от респиратора у пациентов после кардиохирургических вмешательств на основе интеллектуальных режимов ИВЛ, сравнить особенности использования интеллектуальных технологий респираторной поддержки с общепринятым протоколом врачебного контроля над проведением ИВЛ.

Задачи исследования:

1) Оценить эффективность и безопасность проводимой вентиляции лёгких при применении интеллектуальных режимов респираторной поддержки.

2) Сравнить особенности респираторной поддержки в раннем послеоперационном периоде с использованием протокола полного врачебного контроля над проводимой вентиляцией лёгких с использованием полуавтоматического и полностью автоматизированного интеллектуальных режимов ИВЛ.

3) Оценить возможность применения интеллектуальных технологий управления респираторной поддержкой и отлучением от респиратора у пациентов с ожирением (ИМТ больше 30 кг/м^2).

4) Оценить и сравнить нагрузку на врачей, участвующих в проведении послеоперационной вентиляции лёгких.

5) Оценить осведомлённость российских врачей анестезиологов-реаниматологов об интеллектуальных режимах ИВЛ, доступность применения подобных режимов в клинической практике и выявить сложности, возникающие при работе с данными режимами.

Научная новизна

Впервые проведена сравнительная оценка между собой полуавтоматических и полностью автоматизированных технологий вентиляции легких с традиционным

протоколом проведения респираторной поддержки у кардиохирургических пациентов в послеоперационном периоде.

Впервые исследовано применение интеллектуальных технологий вентиляции легких у пациентов с ожирением, показана безопасность и эффективность их использования.

Впервые проведено анкетирование, показавшее широту применения интеллектуальных режимов ИВЛ на территории РФ и описавшее трудности, возникающие у пользователей подобных технологий.

Практическая значимость

Применение интеллектуальных технологий позволяет индивидуализировать респираторную поддержку для каждого пациента, а применение полностью автоматизированной технологии позволяет интерактивно корригировать еще и минутную вентиляцию, и управление насыщением гемоглобина кислородом у пациентов на ИВЛ и ВВЛ, без участия персонала подводить респираторную поддержку к тесту спонтанного дыхания (ТСД) и её прекращению. Основные положения диссертации и рекомендации применяются в практической работе отделений реанимации и интенсивной терапии II, анестезиологии и реанимации II ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского».

Анкетирование показало, что несмотря на осведомлённость реаниматологов о существовании интеллектуальных технологий, частота их применения на практике достаточно низка, проведение дополнительных образовательных программ может способствовать более активному применению данных режимов в ежедневной работе.

Положения, выносимые на защиту

1) Использование интеллектуальных режимов респираторной поддержки (особенно полностью автоматизированной технологии) в послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов непрерывно обеспечивает наиболее безопасные для пациента параметры вентиляции без ущерба эффективности проводимой респираторной поддержки.

2) У пациентов с ожирением применение полностью автоматизированных интеллектуальных технологий респираторной поддержки в раннем послеоперационном периоде после кардиохирургических вмешательств обладает преимуществами перед традиционным подходом.

3) Использование интеллектуальных технологий позволяет значительно снизить нагрузку на медицинский персонал, участвующий в процессе проведения респираторной поддержки.

4) Отсутствие надлежащей подготовки по работе с интеллектуальными режимами, недостаток необходимых расходных материалов значительно затрудняют использование новейших технологий на практике.

Внедрение результатов работы в практику

Интеллектуальные режимы ИВЛ, обеспечивая высокий уровень эффективности и безопасности респираторной поддержки, регулярно используются в повседневной практической деятельности отделения реанимации и интенсивной терапии II и при внутригоспитальной транспортировке пациентов отделением анестезиологии и реанимации II ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского».

Апробация диссертации

Диссертационная работа апробирована 18 января 2023 года на объединенной научной конференции структурных подразделений отдела анестезиологии и реанимации ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского» в присутствии сотрудников других подразделений ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского».

Достоверность полученных данных определяется достаточным объёмом выборки наблюдений, четкой постановкой цели и задач, использованием в работе современных технологий, применением адекватных, в соответствии с поставленными задачами, методов статистического анализа и проведением полноценного сбора данных. Представленные научные положения, выводы и рекомендации подкреплены собственными результатами, представленными в материалах работы (текст, таблицы и рисунки).

Результаты научной работы были доложены и обсуждены на всероссийских и международных конференциях: 32nd Annual Congress The European Society of Intensive Care Medicine (Берлин, сентябрь 2019); 33rd Annual Congress The European Society of Intensive Care Medicine (Мадрид, декабрь 2020 г); III Всероссийский Конгресс с международным участием "Актуальные вопросы медицины критических состояний" (Санкт Петербург, май 2021); 35th Annual Congress The European Society of Intensive Care Medicine (Париж, октябрь 2022); 36th Annual Congress The European Society of Intensive Care Medicine (Милан, октябрь 2023) .

Публикации

По теме диссертации опубликованы 7 печатных работ, из них 4 - статьи в журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объём диссертации

Диссертация изложена на 95 страницах и оформлена в виде рукописи в соответствии с национальным государственным стандартом РФ ГОСТ Р 7.0.11 – 2011 и

включает введение, три главы, заключение, выводы, практические рекомендации и список литературы. Работа содержит 7 таблиц и иллюстрирована 8 рисунками. Библиографический указатель содержит 21 отечественный и 165 зарубежных источников литературы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Характеристика больных и методы исследования

Диссертационное исследование выполнено на базе отделения реанимации и интенсивной терапии II (руководитель – д.м.н., профессор, член-корр. РАН А. А. Еременко) ГНЦ ФГБНУ Российского Научного Центра Хирургии имени академика Б. В. Петровского.

Исследование проводилось в два этапа.

На **первом этапе** у 120 пациентов, которые были разделены на три группы по 40 человек в соответствии с режимом ИВЛ проведена сравнительная оценка эффективности и безопасности использования режимов Intellivent-ASV® (полностью автоматизированное управление) и ASV (частично автоматизированный режим) и традиционного подхода с установкой параметров вентиляции врачом – реаниматологом

На **втором** – у 80 пациентов в двух группах по 40 человек проведена сравнительная оценка эффективности и безопасности использования автоматизированного режима Intellivent-ASV® и обычного протокола с установкой параметров вентиляции врачом ОРИТ в послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов с ожирением (ИМТ выше 30 кг/м^2).

Расчёт необходимого числа обследуемых пациентов был проведен в программе G*Power 3.1.9.4. (Heinrich Heine Uneversitat Dusseldorf).

Критериями включения на первом этапе служили: поступление в отделение интенсивной терапии после оперативного вмешательства на сердце и восходящем отделе аорты, возраст старше 18 лет, индекс массы тела от 18 до 35 кг/м^2.

Критерии исключения были разделены на две группы:

Предоперационные: наличие тяжёлой почечной (снижение СКФ ≤ 30 мл/мин), печёночной (концентрация аспартат - и аланинаминотрансфераз выше 80 Е/л) или сердечной недостаточности (ФВ ЛЖ ≤ 30 %).

Послеоперационные: кровотечение, периоперационный инфаркт миокарда, нестабильность гемодинамики, потребность в высоких дозах кардиотонических или вазопрессорных препаратов (вазоинотропный индекс >12) или в внутриаортальной баллонной контрпульсации, рефрактерная гипоксемия с коэффициентом p_aO_2/FiO_2 менее

150 mmHg, аллергическая реакция в периоперационном периоде, развитие судорог, делирия, ОНМК, нарушение заполнения протоколов наблюдения за пациентами.

На **втором этапе** критерии включения/исключения практически не отличались, разница была лишь в критериях включения по ИМТ. Критерием включения являлся ИМТ выше 30 кг/м^2.

Группы пациентов были сопоставимы между собой по полу, возрасту, идеальной (предсказанной) массе тела, ИМТ, оценке риска предстоящего вмешательства по шкале EuroSCORE II и оценке риска развития легочных осложнений по шкале ARISCAT.

Характеристика пациентов представлена в **Таблице 1** и **2**.

Таблица 1 - Характеристика пациентов 1 –го этапа исследования

параметр	Группа применения Intellivent - ASV® (n=40)	Группа применения ASV (n=40)	Группа традиционных режимов (n = 40)	p
Возраст, годы	59 ± 8	59(55–66)	59 ± 11	0,9185
Пол (муж/жен), n	27/13	24/16	30/10	0,1701
Рост, см	171 ± 9	170 ± 9	174 (167–177)	0,8706
ПМТ тела (идеальный вес), кг	68 (52–75)	65 ± 10	67 ± 8	0,1529
ИМТ, кг/м^2	27,9 ± 4	28,6 ± 4	27,2 ± 4	0,9185
Шкала EuroSCORE II, %	1,95 (1,22–2,75)	1,99 (0,96–2,54)	1,87 (1,8–2,4)	0,7918
Шкала ARISCAT, баллы	50 (50–58)	52 (50–58)	50 (50–58)	0,3982
SpO_2 до операции при дыхании с FiO_2 21%, %	96 (95–97)	96 (95–96)	96 (95–97)	0,6971
Коэффициент PaO_2/FiO_2, перед переводом в ОРИТ	310 (290–345)	319 ± 88	336 ± 90	0,4534
ДО перед переводом в ОРИТ, мл/кг/ПМТ	8 (7–9)	9 (8–10)	9(8–9)	0,0757
PEEP, перед переводом в ОРИТ, см вод.ст.	7(6–8)	7 (5–8)	6 (5–8)	0,2159
Реваскуляризация миокарда, n (%)	18 (45%)	20 (50 %)	16 (40%)	0,7
Реваскуляризация миокарда и протезирование клапана, n (%)	2 (5%)	5 (12,5 %)	2 (5%)	0,504
Операция на клапанах сердца (протезирование или пластика), n (%)	12 (30%)	9 (22,5%)	12 (30%)	0,716
Операции на восходящем отделе аорты с протезом/пластикой аортального клапана, n (%)	8 (20%)	4 (10%)	10 (25%)	0,210
Септальная миоэктомия, n (%)	0	2 (5%)	0	0,131

Таблица 2 - Характеристика пациентов 2 –го этапа исследования (пациенты с ИМТ>30 кг/м^2)

параметр	Группа применения Intellivent - ASV® (n=40)	Группа традиционных режимов (n = 40)	p
Возраст, годы	60 (58–66)	58 ± 12	0,5119

Пол (муж/жен), n	28/12	21/19	0,1681
Рост,см	169 ± 8	171 ± 9	0,2736
Вес,кг	98 ± 12	96 (91–107)	0,9425
ПМТ, кг	64 ± 9	65 ± 10	0,5424
ИМТ, кг/м^2	33,5 (31–40)	33,5 ± 2	0,5006
Шкала EuroSCORE II	2,1 (1,4–3,2)	1,9 (1,1–2,9)	0,4456
Шкала ARISCAT, баллы	56 (50–58)	50 (50–58)	0,0931
Ожирение I (ИМТ 30-35 кг/м^2), n (%)	28 (70%)	31 (77,5%)	0,4607
Ожирение II (ИМТ 35-40 кг/м^2), n (%)	7 (17,5%)	9 (22,5%)	0,5762
Ожирение III (ИМТ > 40 кг/м^2), n (%)	5 (12,5%)	0	0,0274
Длительность анестезии, мин	318 ± 50	303 ± 62	0,2312
Длительность операции, мин	264 ± 51	251 ± 60	0,3006
Исходная SpO_2 перед операцией при дыхании с FiO_2 21%, %	95 (94-96)	96 (95-96)	0,1237
Изолированная реваскуляризация миокарда, n (%)	15 (37,5%)	13 (32,5%)	0,6352
Операция на клапанах сердца (протезирование или пластика), n (%)	15 (37,5%)	13 (32,5%)	0,6352
Реваскуляризация миокарда + протезирование клапана, n (%)	3 7,5%	5 12,5%	0,3550
Операции на восходящем отделе аорты с протезом или пластикой аортального клапана, n (%)	5 (12,5%)	6 (15%)	0,7589
Септальная миоэктомия, n (%)	2 (5%)	3 (7,5 %)	0,6794
PaO_2/FiO_2 перед переводом в ОРИТ	300 (240–350)	281 ± 50	0,5049
ДО перед переводом в ОРИТ, мл/кг/ПМТ	9 (8–10)	9 (8–10)	0,7655
PEEP перед переводом в ОРИТ, см вод.ст.	8 (6–9)	8(6–10)	0,9005

Лечение пациентов в ОРИТ проводилось в соответствии с протоколами ведения кардиохирургических послеоперационных больных и не отличалось в группах сравнения, за исключением режимов респираторной поддержки.

Тактика респираторной поддержки в группах сравнения

В группе применения традиционных режимов вентиляцию осуществляли на респираторах Hamilton G-5 или C-2 фирмы Hamilton, Швейцария и на респираторах Servo-I фирмы Maquet. Режимы Intellivent – ASV® и ASV применялись на аппарате Hamilton G-5 и C-2 (ASV). Выбор режима вентиляции осуществлялся при поступлении в ОРИТ методом конвертов.

В **группе** применения **полностью автоматизированного режима Intellivent - ASV®** при первичной настройке респиратора клиницистом устанавливалось: основная вводная – «идеальная масса тела» (указывался пол и рост пациента); границы целевых

значений $EtCO_2$ и SpO_2, допустимых изменений уровня PEEP и FiO_2, разрешение на автоматическое выполнение ТСД (тест на эффективность самостоятельного дыхания) и его основные параметры. В процессе аппаратного управления минутная вентиляция изменялась в соответствии со значениями $EtCO_2$; оптимальное соотношение частоты дыханий, уровень давления поддержки, ДО рассчитывались для уменьшения работы дыхания и снижения Δ P с учетом состояния легочной биомеханики; PEEP и FiO_2 регулировались в соответствии с данными пульсоксиметрии. После полного восстановления собственной дыхательной активности пациента аппарат проводил ТСД. В случае удачного прохождения теста пациентом аппарат оповещал медперсонал, и врачом принималось решение о возможности экстубации трахеи.

В **группе** применения **полуавтоматического режима ASV** при первичной настройке респиратора клиницист устанавливал: целевое значение «замещения минутной вентиляции» (за 100% - принимается «физиологическая» минутная вентиляция, равная 100 мл/кг предсказанной массы тела (ПМТ)/мин у взрослых); PEEP и FiO_2. Когда пациент соответствовал критериям готовности к ТСД, врачом устанавливался процент замещения вентиляции 25%, что фактически соответствовало аппаратному ТСД и по истечении 30-45 минут, в случае удачного прохождения теста пациентом, выполнялась экстубация трахеи.

В **группе традиционного подхода**, где все решения принимались врачом, первоначальным режимом вентиляции был SIMV с вдохами, управляемыми либо по объёму (VC), либо по давлению (PC). В этой группе врач устанавливал: FiO_2, PEEP, величину ДО или давления вдоха для достижения целевого по мнению клинициста ДО, частоту дыханий для обеспечения необходимой минутной вентиляции. При пробуждении и восстановлении мышечного тонуса пациента врачи редуцировали число принудительных вдохов, при необходимости увеличивали или уменьшали величину ДО, давление поддержки спонтанных вдохов. После окончательного восстановления респираторного драйва и мышечного тонуса у пациента респираторная поддержка до выполнения экстубации трахеи осуществлялась в PSV.

Выбор параметров вентиляции, принятие решения об экстубации трахеи во всех группах целиком лежали на дежурном враче. В ходе проведения исследования было задействовано 8 врачей анестезиологов-реаниматологов со стажем работы не менее 5-8 лет, каждый из них участвовал в отлучении четырёх – пяти пациентов в каждой из групп. Все действия врачей были документированы во внутреннем протоколе отделения наблюдения за пациентами, которым проводится респираторная поддержка.

Параметры, регистрировавшиеся во время наблюдения за пациентами:

1) Связанные непосредственно с настройками вентилятора: изменения режимов ИВЛ и ВВЛ (изменение частоты принудительных и спонтанных вдохов), частота коррекции параметров, необходимость выполнения манёвра рекрутирования альвеол, величина ДО, уровень PS, Δ P, уровень PEEP и FiO_2.

2) Связанные с присутствием врача рядом с респиратором: количество подходов к респиратору, количество изменённых параметров, суммарное время, потраченное на настройки респиратора, изменения в настройках в случае развития апноэ или брадипноэ.

3) Длительность респираторной поддержки в ОРИТ (время от поступления до выполнения экстубации трахеи), время искусственной и вспомогательной (без принудительных вдохов) вентиляции, время от пробуждения до перевода на самостоятельное дыхание, время от восстановления собственной дыхательной активности до перевода на ВВЛ.

Анализ газового состава и кислотно–щелочного состояния артериальной крови осуществляли во время ИВЛ, через 30 минут после перевода на ВВЛ и за 15 минут до экстубации трахеи.

У всех пациентов готовность к экстубации трахеи оценивали в соответствии с критериями внутреннего протокола отделения: восстановление ясного сознания, отсутствие выраженной ажитации (RASS $\leq$ 1), готовность к содружественной работе с персоналом, FiO_2 меньше 40%, коэффициент PaO_2/FiO_2 больше 200, PEEP $\leq$ 7 cm H_2O, стабильная гемодинамика, 35 < p_aCO_2 < 45 mmHg, температура тела выше 36°C.

После перевода пациентов на самостоятельное дыхание на фоне дыхания палатным воздухом (FiO_2~21%) оценивали показатели артериального газообмена (SpO_2; p_aCO_2; p_aO_2) через 30 минут и через 12 часов после экстубации трахеи.

Для оценки нагрузки учитывали частоту подходов доктора к респиратору, необходимость коррекции параметров, длительность присутствия клинициста около респиратора.

Для проведения анкетирования о распространённости применения интеллектуальных технологий автором работы была организована электронная рассылка 500 анкет в ОРИТ, расположенные, преимущественно в регионах РФ (от Калининграда до Хабаровска). Помимо этого, в рамках лекционных циклов и конференций по интенсивной терапии были выданы 250 бумажных анкет. Анкета состояла из 9 вопросов, на часть из которых можно было предоставить открытые ответы в свободной форме. Анкеты, заполненные не полностью и имеющие явные логические несоответствия, не учитывались при анализе данных. К окончательной обработке и учету данных было принято 128 электронных и 120 бумажных анкет – 248 респондентов.

Статистический анализ данных

Статистический анализ проводили с использованием программы STATISTICA 10.0 (разработчик - StatSoft.Inc (Dell)).

Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению, используя критерий Шапиро-Уилка. Для нормально распределённых количественных показателей рассчитывали среднее значение (M) с указанием 95% доверительного интервала и стандартное отклонение (SD). Количественные показатели, распределение которых отличалось от нормального, описывали при помощи медианы (Me) и интерквартильной широты (25 и 75 процентилей).

Для нормально распределённых показателей статистическую значимость различий между группами оценивали на основании дисперсионного анализа (расчет критерия F с поправкой на множественные сравнения Бонферрони). При сравнении нескольких выборок количественных данных, имеющих распределение, отличное от нормального, использовался критерий Краскела-Уоллиса. Сравнение номинальных данных проводилось при помощи критерия χ^2 Пирсона и точного критерия Фишера.

Для нормального распределения использовался t – критерий Стьюдента, для отличного от нормального -анализ Манна – Уитни.

Различия считали значимыми при p меньшем 0,05.

При опросе врачей данные электронных анкет были собраны через онлайн-приложение Google Forms и с использованием бумажных анкет.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнение применения интеллектуальных режимов респираторной поддержки и традиционного подхода после неосложненных кардиохирургических операций

Данная часть работы была посвящена изучению особенностей применения полностью автоматизированного управления респираторной поддержкой (режим Intellivent – ASV®), полуавтоматического управления (режим ASV) и подхода с использованием традиционных режимов и, соответственно, активным участием врача в её проведении у пациентов после неосложнённых кардиохирургических вмешательств.

По всем параметрам, по которым оценивалась безопасность проводимой респираторной поддержки (величины ДО, ΔP, FiO_2, уровень PEEP) были получены статистически значимые различия между группами (**Таблица 3, рисунок 1,2**).

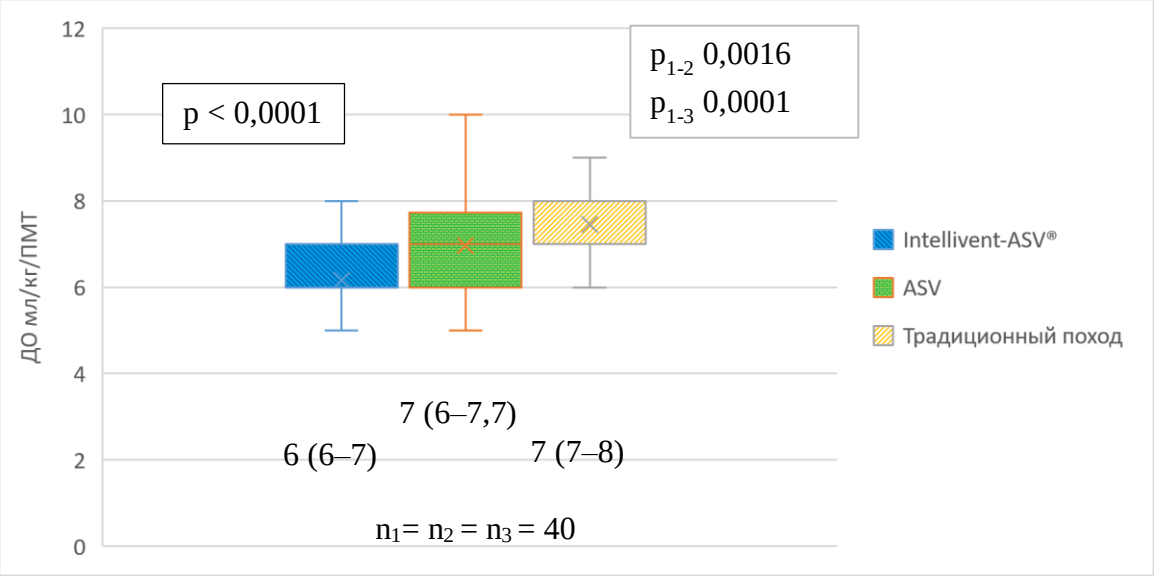

Рисунок 1 – Дыхательный объём при проведении ИВЛ

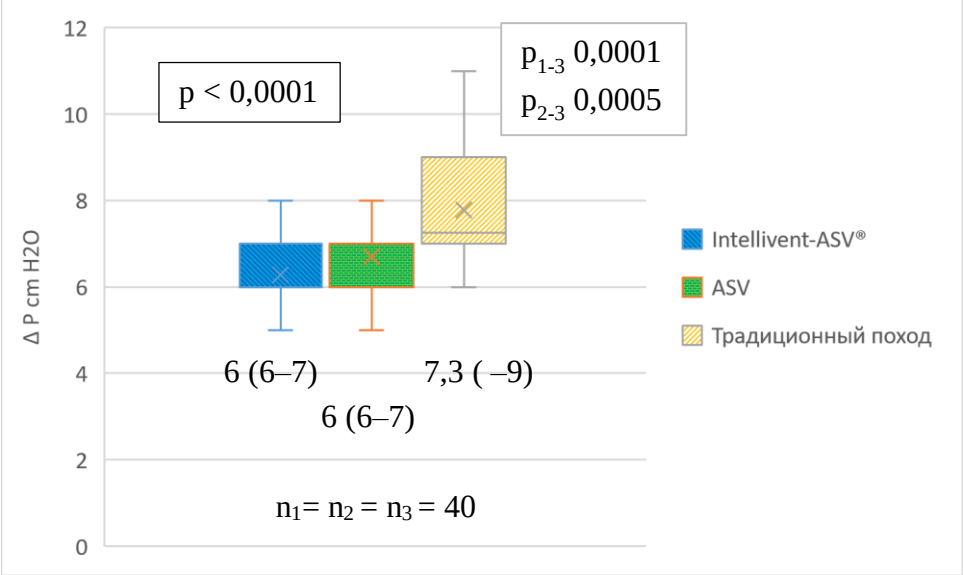

Рисунок 2 – Движущее давление (Δ P) при проведении ИВЛ

По мере внедрения режимов ASV и Intellivent – ASV®) прогрессивно уменьшалась степень участия врача в проведении ИВЛ (**Таблица 3**), а время от поступления пациента в ОРИТ до перевода на самостоятельное дыхание в группах сравнения статистически значимо различалось (p = 0,0042) (**рисунок 3**).

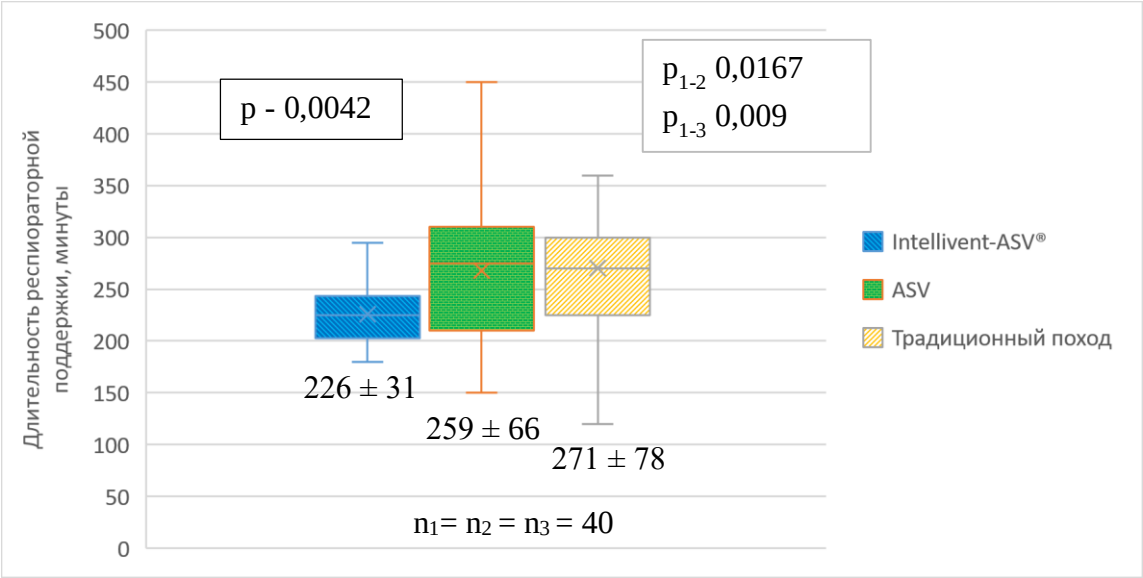

Рисунок 3 – Длительность респираторной поддержки в ОРИТ

Таблица 3 - Особенности проведения респираторной поддержки при использовании трёх различных подходов

Исследуемый показатель	Intellivent - ASV® (n=40)	ASV (n=40)	Традиционные режимы (n=40)	p
Манипуляции врача с параметрами вентиляции, n	0 (0–0)	2 (2–3)	4 (3–5)	<0,0001 p_{1-2} <0,0001 p_{1-3} <0,0001 p_{2-3} = 0,0003
Время, проведённое врачом около респиратора, сек	35 (27–45)	99 ± 35	164 ± 69	<0,0001 p_{1-2} < 0,0001 p_{1-3} < 0,0001 p_{2-3} = 0,0045
Показатели во время проведения механической вентиляции (с навязанными вдохами)				
p_aO_2/FiO_2	358 (330–380)	373 ± 64	372 ± 50	0,3038
SpO_2, %	98 (97–99)	100 (99–100)	99 (99–100)	<0,0001 p_{1-2} < 0,0001 p_{1-3} = 0,0001
FiO_2, %	26 (24–30)	34 (30–35)	34 (30–38)	<0,0001 p_{1-2} < 0,0001 p_{1-3} < 0,0001
p_aCO_2, мм рт.ст.	42 (40–44)	39 (37–42)	38 (37–41)	0,0002 p_{1-2} = 0,005 p_{1-3} = 0,0003
PEEP, см вод.ст.	5 (5–7)	8 (7–10)	7 (6–9)	<0,0001 p_{1-2} = 0,0001 p_{1-3} = 0,0004
МР, Дж/мин	8 (6–9)	8 (6–9)	9 (7–11)	0,0797
Длительность периода механической вентиляции, мин	132 ± 36 121–144	169 ± 68 150–195	189 ±71 166–212	0,0002 p_{1-2} = 0,0012 p_{1-3} = 0,0002

ДИ (ср) 95%				
Показатели в группах применения Intellivent-ASV® и ASV во время периода с полным отсутствием принудительных вдохов, а в контрольной группе в режиме PSV				
p_aO_2/FiO_2 ДИ (ср) 95%	371 ± 45 356–385	364 ± 62 344–383	385 ± 49 369–400	0,19
Прирост индекса p_aO_2/FiO_2 с момента поступления	34 (85%)	29 (72,5%)	27 (67,5%)	0,147
SpO_2, %	98 (97–98)	99 (99–100)	99 (98–100)	<0,0001 $p_{1-2} < 0,0001$ $p_{1-3} = 0,0001$
FiO_2 , %	26 ± 4	31 (30–35)	30 (30–36)	<0,0001 $p_{1-2} < 0,0001$ $p_{1-3} < 0,0001$
p_aCO_2, мм рт.ст.	40 ± 2	38 (37–41)	38 (36–40)	0,0553
ДО, мл/кг/ПМТ	8 (7–8)	7,5 (7–8)	8 (7–9)	0,0573
PS, см вод.ст.	5 (5–5)	5 (5–7)	8 (7–9)	<0,0001 $p_{1-3} < 0,0001$ $p_{2-3} < 0,0001$
PEEP, см вод.ст.	5 (5–5)	7 (5–8)	7 (5–8)	<0,0001 $p_{1-2} < 0,0001$ $p_{1-3} < 0,0001$
Длительность вентиляции без принудительных вдохов, мин	90 (75–103)	80 (60–110)	60 (60–105)	0,0462 $p_{1-3} = 0,0162$
Время от пробуждения до перевода на вспомогательную вентиляцию в мин	0 (0–0)	0 (0–12)	30 (0–60)	<0,0001 $p_{1-3} < 0,0001$ $p_{2-3} = 0,0087$

-

Таблица 4 – Показатели респираторного мониторинга после экстубации трахеи

Временной интервал	Показатель	Intellivent - ASV® (n=40)	ASV (n=40)	Традиционные режимы (n=40)	p
30 минут после экстубации трахеи	SpO_2	94 (93–95)	94 ± 2	94 ± 2	0,1614
	p_aO_2/FiO_2	335 (321–345)	317 (300–352)	337 (302–365)	0,3071
	p_aCO_2	39 (38–41)	39 (36–41)	38 (37–41)	0,3400
12 часов после экстубации трахеи	SpO_2	95 (94–96)	95 (93–95)	94,5 (93–96)	0,0489
	p_aO_2/FiO_2	347 (335–361)	338 (302–397)	332 (300–369)	0,2725
	p_aCO_2	39 ± 2	39 (38–41)	39 (38–41)	0,7742

Возобновление инвазивной респираторной поддержки и реинтубация трахеи у обследованных пациентов не понадобились. Летальных исходов у пациентов из групп

сравнения не было. Течение послеоперационного периода существенно не отличалось после прекращения респираторной поддержки, не было отличий по длительности госпитализации в ОРИТ, частоте развития осложнений.

Сравнение применения интеллектуальных режимов и традиционного подхода у пациентов с наличием ожирения.

В данном разделе работы проведено сравнение полностью автоматизированного подхода (Intellivent – ASV®) и протокола с применением традиционных режимов ИВЛ.

В режиме Intellivent-ASV® были получены статистически значимые различия по:

- величине ДО, как во время аппаратных, так и во время вспомогательных вдохов, он был значимо ниже в группе применения интеллектуальной технологии (**Таблица 5**, **Рисунок 4**).

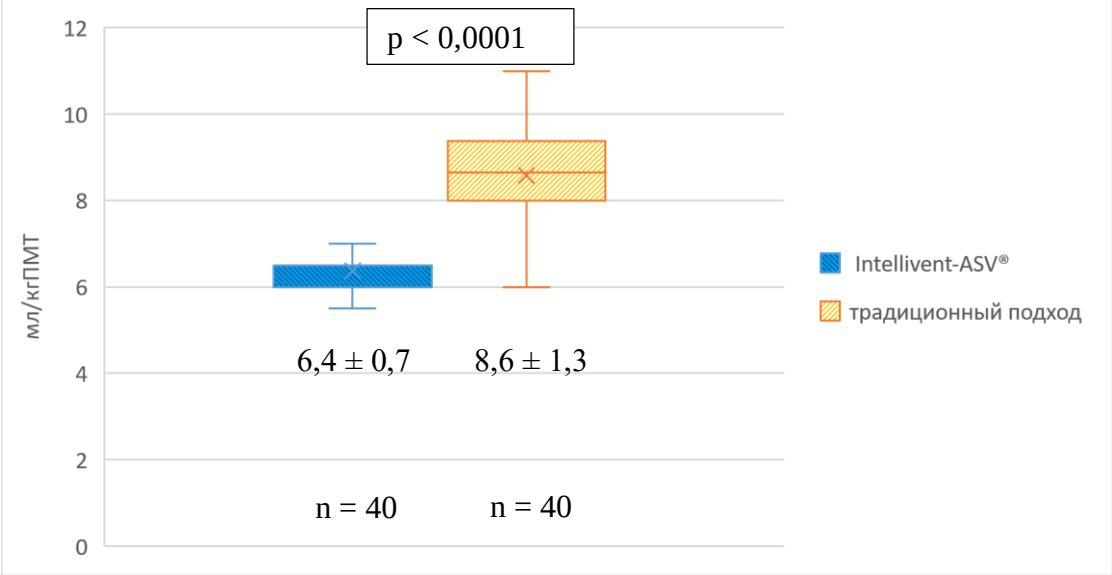

Рисунок 4 – Величина ДО при проведении ИВЛ у пациентов с ожирением

-величине ΔP и MP, которые были ниже во время периода вентиляции с принудительными вдохами в группе применения Intellivent – ASV®, что в сочетании с меньшей величиной ДО позволяет судить о проведении более безопасной для пациента респираторной поддержки (**Таблица 5**, **Рисунок 5**).

-величине используемого FiO_2 и уровню PEEP во все фазы респираторной поддержки, которые так же были ниже в группе Intellivent ASV® (**Таблица 5**).

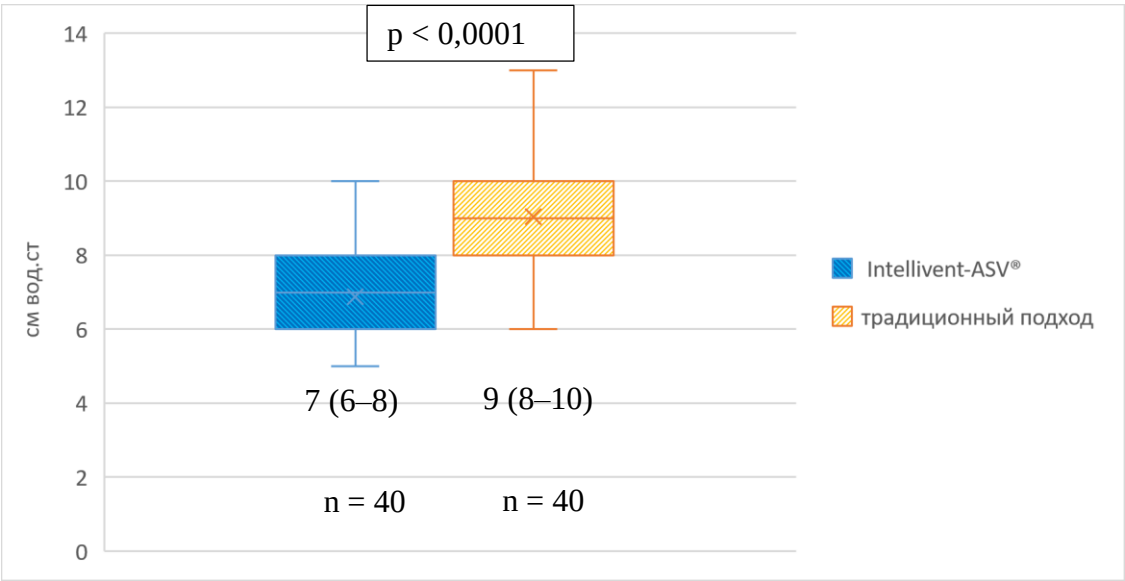

Рисунок 5 – Величина ΔP при проведении ИВЛ у пациентов с ожирением

Важно отметить, что не было получено значимых различий по величине индекса Хоровица, как во время проведения респираторной поддержки (принудительная и вспомогательная её фазы), так и после перевода пациентов на самостоятельное дыхание.

Также врачами было затрачено меньше времени на проведение респираторной поддержки и внесение изменений в проводимую вентиляцию, меньше требовалось самих изменений и подходов доктора к респиратору.

Статистически значимо короче оказалась длительность респираторной поддержки в ОРИТ после оперативного вмешательства в группе интеллектуального режима.

Таблица 5 - Особенности проведения респираторной поддержки в группах пациентов с ожирением

Исследуемый показатель	Intellivent - ASV® (n=40)	Традиционные режимы (n=40)	p
Длительность респираторной поддержки в ОРИТ, минуты	240 ± 55 (95% ДИ - 223–257)	283 ± 79 (95% ДИ-258–308)	0,0059
Длительность периода механической вентиляции, минуты	150 (75–175)	220 ± 75	<0,0001
Длительность периода вентиляции без принудительных вдохов, мин	100 (73–138)	60 (40–80)	<0,0001
Манипуляции с параметрами, n	0 (0–1)	5 (4–6)	<0,0001
Время, проведённое клиницистом около респиратора, сек	40 (30–58)	183 ± 60	<0,0001
Показатели во время проведения механической вентиляции			
Коэффициент p_aO_2/FiO_2 ДИ (ср) 95%	332 ± 51 316–349	316 ± 58 297–334	0,1746
FiO_2, %	28 (24–30)	35 (30–39)	<0,0001

SpO_2, %	98 (97–99)	100 (98–100)	<0,0001
$EtCO_2$ мм рт.ст.	39 ± 3	35 ± 4	0,0002
PEEP, см вод.ст	7 (6–8)	9 (7–10)	0,0001
Mechanical Power, Дж/мин	9 ± 3	12 (10–15)	<0,0001
Выполнение манёвра рекрутирования альвеол, n (%)	3 (7,5%)	8 (20%)	0,12
Показатели во время периода в группе применения Intellivent-ASV® с полным отсутствием принудительных вдохов, а в контрольной группе в режиме PSV			
Коэффициент p_aO_2/FiO_2 ДИ (ср) 95%	336 ± 39 324–349	335 ± 59 316–354	0,8882
FiO_2 , %	27 ± 4	30 (30–35)	<0,0001
$EtCO_2$, мм рт.ст.	37 ± 2	35 ± 4	0,0033
SpO_2, %	98 (97–99)	100(98–100)	<0,0001
ДО, мл/кг/ПМТ	8 (8–9)	9(8,5–10)	0,0006
PS, см вод.ст.	6 (5–7)	8 (6–10)	<0,0001
PEEP, см вод.ст	5 (5–7)	8(7–8)	<0,0001

Возобновление инвазивной респираторной поддержки у обследованных пациентов не понадобилось.

Течение послеоперационного периода существенно не отличалось после прекращения респираторной поддержки, не было отличий по длительности госпитализации в ОРИТ, частоте развития осложнений. Данные наблюдения за пациентами после перевода на самостоятельное дыхание представлены в **Таблице 6**.

В группе традиционных режимов была зафиксирована одна смерть, не связанная с проведением ИВЛ, смерть наступила на третьи сутки после оперативного вмешательства от инфаркта миокарда, что с соответствовало данным посмертного вскрытия.

Таблица 6 - Основные показатели послеоперационного мониторинга у пациентов с ожирением

Временной интервал	Показатель	Группа применения Intellivent - ASV®(n=40)	Группа применения традиционных режимов (n=40)	p
12 часов после экстубации трахеи	SpO_2, %	93 (92–94)	93 ± 2	0,5380
	p_aO_2/FiO_2 ДИ (ср) 95%	322 ±29 312–331	314 ± 39 301–326	0,3071
	p_aCO_2, мм рт.ст.	39 (38–41)	38 ± 3	0,0044
12 часов после экстубации трахеи	SpO_2, %	94 (93–95)	93 ± 2	0,1600
	p_aO_2/FiO_2 ДИ (ср) 95%	329 ± 22 322–336	324 ± 29 312–337	0,4867
	p_aCO_2, мм рт.ст.	39 ± 2	39 ± 3	0,6412

Использование интеллектуальных режимов в отечественной клинической практике (анонимное анкетирование).

В данном разделе представлены результаты анкетирования, наглядно показавшие распространённость подобных технологий на территории РФ, осведомленность персонала о них и трудности, возникающие при работе.

Основная доля респондентов (до 70%) в ежедневной практике применяет режим SIMV, отдавая предпочтение PC (70%) перед VC (50%), треть опрошенных (35%), наряду с указанными, еще используют PRVC, порядка 50% опрошенных при наличии клинической возможности использует PSV (**Рисунок 6**). Подчеркнём, что лишь 23% опрошенных указали в анкетах на рутинное использование интеллектуального режима ASV. Использование режима Intellivent-ASV® было указано в 9% анкет (большинство со стажем свыше 5 лет), режим PAV указало 2 человека (чуть менее 1% опрошенных).

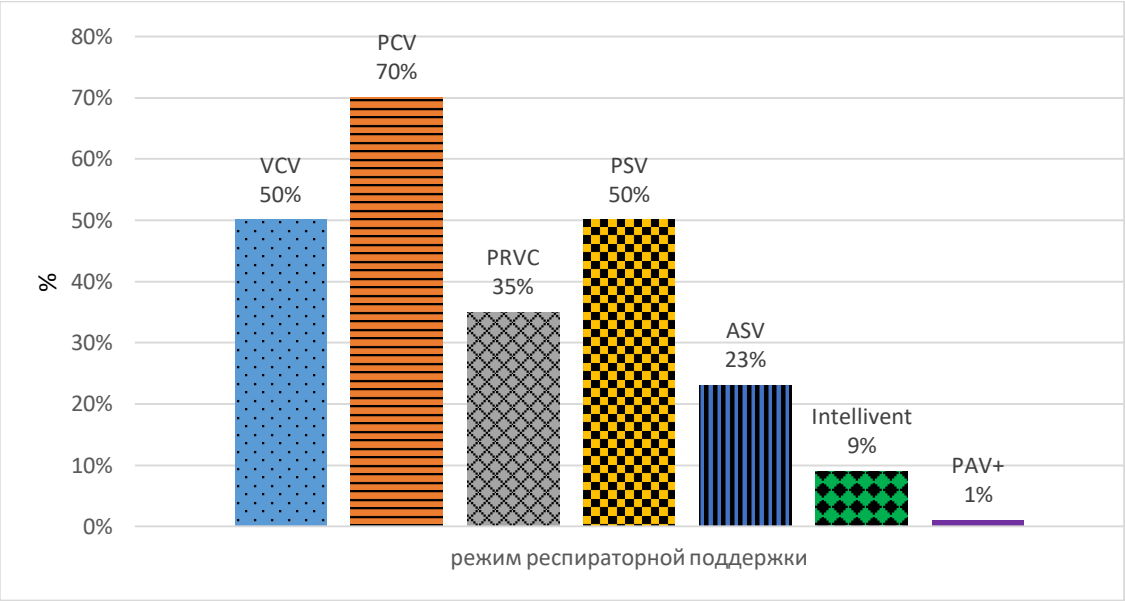

Рисунок - 6 Основные режимы респираторной поддержки, используемые респондентами (n=248)

Об интеллектуальных режимах респираторной поддержки знают или слышали 85% опрошенных, а у половины (52%) респондентов в отделении есть возможность применения данных режимов.

Источниками получения информации об интеллектуальных режимах для респондентов были:

– данные специальной литературы (книги, статьи) для 74%,

- материалы докладов на конференциях, обучающие материалы в сети интернет – для половины опрошенных 50%,

- посещение специальных тренингов, мастер классов у каждого пятого - 22%.

На отсутствие необходимого расходного материала (капнографы, пульсоксиметры, , датчики потока) указали 40% опрошенных.

Отсутствие необходимых знаний по применению интеллектуальных режимов отмечает 62% респондентов, а 60% отмечает, что не проводилось обучение работе с данными режимами.

Четверть (25%) опрошенных считает, что применение традиционных режимов надежнее и безопаснее.

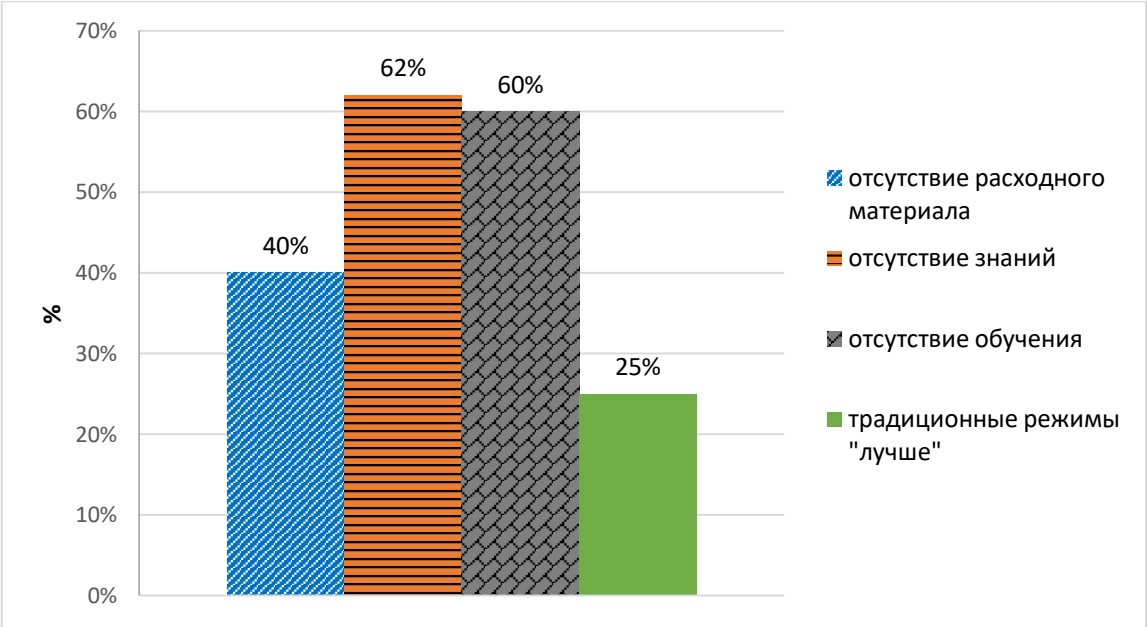

Рисунок - 7 Причины отказа от применения интеллектуальных режимов (n = 248)

ВЫВОДЫ

1) Использование интеллектуальных режимов респираторной поддержки в послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов позволяет интерактивно подбирать безопасные параметры вентиляции, снижая потенциальную вероятность развития вентилятор-индуцированного повреждения лёгких, без ущерба эффективности проводимой вентиляции.

2) В сравнении с врачебным контролем за проведением респираторной поддержки и полуавтоматическими технологиями, применение полностью автоматизированного подхода позволяет сократить на 15% длительность проводимой вентиляции легких, обеспечивает максимально безопасные параметры вентиляции, используя меньшие величины дыхательного объёма, движущего давления, фракции вдыхаемого кислорода и на четверть сокращает длительность периода вентиляции с принудительными вдохами.

3) Применение полностью автоматизированных технологий респираторной поддержки в послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов с ожирением

обладает преимуществами перед традиционным подходом: на 15% сокращается продолжительность респираторной поддержки, позволяет проводить её с наиболее безопасными параметрами вентиляции (на четверть снижается движущее давление и Mechanical Power, на 15% величина используемого дыхательного объёма) без ухудшения показателей артериального газообмена.

4) При использовании интеллектуальных технологий у всех категорий пациентов существенно снижается участие врача в процессе проведения респираторной поддержки за счёт минимизации количества ручных настроек респиратора, снижения времени, затраченного на наблюдение и регулировку параметров ИВЛ.

5) Проведение анонимного анкетирования показало, что большинство (85%) опрошенных российских анестезиологов - реаниматологов знают о существовании интеллектуальных технологий респираторной поддержки, половине из них доступна техническая возможность их применения в рутинной работе, но лишь треть на регулярной основе использует подобные технологии, что обусловлено отсутствием специальной подготовки, а в некоторых случаях - отсутствием сервисного обслуживания и необходимых расходных материалов.

Практические рекомендации

1) У пациентов после кардиохирургических вмешательств рекомендуется использовать интеллектуальные режимы респираторной поддержки с возможностью автоматической коррекции дыхательного объёма, частоты дыханий, уровня PEEP и значения FiO_2 во вдыхаемой смеси.

2) Перевод пациентов на самостоятельное дыхание целесообразнее проводить с использованием интеллектуальных режимов респираторной поддержки, чтобы исключать ситуации длительного апноэ, с последующим включением резервной вентиляции, а также асинхронии при восстановлении самостоятельного дыхания.

3) При проведении респираторной поддержки у пациентов с ожирением также рекомендуется применять интеллектуальные режимы с возможностью автоматизированной коррекции параметров.

4) У пациентов с ожирением в раннем периоде после кардиохирургических вмешательств рекомендуется индивидуализировать подбор уровня PEEP, не все пациенты из данной популяции нуждаются в высоких значениях этого параметра (12-14 см вод.ст.).

5) Организация и проведение дополнительных образовательных программ по применению интеллектуальных технологий респираторной поддержки может способствовать более активному применению данных режимов в клинической практике.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Komnov R.** Does the adaptive support ventilation have advantages in the patients after uncomplicated cardiac surgery? / **Komnov R.**, Eremenko A. // Intensive Care Medicine Experimental. – 2019. – T.7. (Suppl 3). – P. 23.

2. Еременко А.А. Интеллектуальный режим аппаратной вентиляции легких при ранней активизации кардиохирургических пациентов / Еременко А.А., **Комнов Р.Д.** // Общая реаниматология. – 2020. – Т.16. №.1. – С. 4-15.

3. **Komnov R.** Intellivent-ASV® mode is superior to conventional ventilation modes after uncomplicated cardiac surgery during all phases of postoperative respiratory support/ **Komnov R.**, Eremenko A. // Intensive Care Medicine Experimental. – 2020. – T. 8. (Suppl 2:73). – P. 24.

4. Еременко А. А. Сравнение интеллектуального режима Intellivent-ASV® с традиционным подходом к прекращению ИВЛ у пациентов после неосложненных кардиохирургических операций / Еременко А. А., **Комнов Р.Д.,** Титов П.А., Герасименко С.А., Чакал Д.А. // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – Т.18. №.3. – С. 36-45.

5. Еременко А.А. Респираторная поддержка после кардиохирургических операций: преимущества и безопасность автоматизированного управления / Еременко А.А., **Комнов Р.Д.,** Кошек Е.А. // Общая реаниматология. – 2022. – Т.18. №.3. – С. 21–29.

6. **R. Komnov**; A. Eremenko; M. Fominukh; A. Alferova; D. Ryabova; S. Gerasimenko; P. Titov «Benefits of the intellectual mechanical ventilation modes in patients with obesity» Intensive Care Medicine Experimental. – 2022. T. 10. (Suppl 2:39). - P. 68.

7. **Комнов Р.Д.** Интеллектуальные режимы респираторной поддержки в Российской Федерации: результаты анкетного исследования / **Комнов Р.Д.,** Еременко А.А. // Вестник интенсивной терапии им. А. И. Салтанова. – 2023. – Т.1. – С. 83–90.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВВЛ – вспомогательная вентиляция лёгких
ДО – дыхательный объём
ИМТ – индекс массы тела
ИВЛ – Искусственная вентиляция лёгких
НМВЛ – неинвазивная масочная вентиляция лёгких
ПМТ – предсказанная (идеальная) масса тела
ТСД – тест на эффективность спонтанного дыхания
ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка
ARISCAT (Assess Respiratory Risk in Surgical Patients in Catalonia) – шкала оценки риска развития послеоперационных лёгочных осложнений у хирургических пациентов, разработанная в Каталонии.

ASV (Adaptive Support Ventilation) – Адаптивная поддерживающая вентиляция

Δ P – (driving pressure) – движущее давление, разница между уровнем давления плато во время паузы в конце вдоха и фактическим уровнем PEEP (измеренным во время паузы выдоха)

$EtCO_2$ (End tidal CO_2) – выдыхаемая фракция углекислого газа

EuroSCORE (European System for Cardiac Operative Risk Evaluation) – шкала EuroSCORE прогнозирует внутригоспитальную летальность при кардиохирургических операциях.

FiO_2 (Inspiratory Oxygen Fraction) – фракция вдыхаемого кислорода

MP (Mechanical Power) - совокупный оценочный показатель агрессивности проводимой вентиляции

NAVA (Neurally Adjusted Ventilatory Assist) – режим, основанный по тригированию вдохов, на основании сигнала от диафрагмального нерва (режим)

PAV (Proportional assist ventilation) – Пропорциональная вспомогательная вентиляция.

PaO_2 (Arterial Partial Oxygen Pressure) – парциальное давление кислорода в артериальной крови

PaO_2/FiO_2 – индекс Хоровица (Horowitz) (индекс PaO_2/ FiO_2) – отношение парциального напряжения кислорода в артериальной крови к фракции кислорода во вдыхаемом воздухе (вдыхаемой смеси), отражающий состояние оксигенирующей функции лёгких

$PaCO_2$ – парциальное давление углекислого газа в артериальной крови

PCV (Pressure Controlled Ventilation) – режим ИВЛ, контролируемой (управляемой) по давлению

PEEP (Positive End-Expiratory Pressure) – положительное давление в конце выдоха

P_{plat} (Plateau Pressure) – давление плато – давление во время инспираторной паузы

PSV (Pressure Support Ventilation) – вентиляция с поддержкой давлением с заданным уровнем PS (режим)

RASS (Richmond Agitation-Sedation Scale) – Ричмондская шкала возбуждения и седации, имеет значения от -5 (невозможность пробуждения) до + 4 (агрессивный, воинственный пациент, представляющий опасность для медицинского персонала)

SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation) – режим синхронизированной перемежающейся принудительной вентиляции

SpO_2 – насыщение артериальной крови кислородом (пульсоксиметрия)

VCV (Volume Controlled Ventilation) – вентиляция, контролируемая по объёму.