На правах рукописи

Иванашкин Алексей Юрьевич

Сочетанная высокочастотная струйная вентиляция легких при лечении острого респираторного дистресс-синдрома у детей с онкогематологическими заболеваниями

3.1.21 – Педиатрия

3.1.12 – Анестезиология и реаниматология

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Москва – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научные руководители:

доктор медицинских наук, профессор Новичкова Галина Анатольевна

доктор медицинских наук, профессор Лазарев Владимир Викторович

Официальные оппоненты:

Амчеславский Валерий Генрихович – доктор медицинских наук, профессор, руководитель отделения анестезиологии и реаниматологии ГБУЗ «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения г. Москвы.

Овсянников Дмитрий Юрьевич – доктор медицинских наук, доцент, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования России, Медицинский институт, кафедра педиатрии, заведующий кафедрой.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится « »_____2023 года в часов

на заседании диссертационного № 21.1.025.01 совета при федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 117997, г. Москва, улица Саморы Машела 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева» Министерства здравоохранения Российской Федерации и на сайте www.fnkc.ru

Автореферат разослан « »_____2023 года

Ученый секретарь диссертационного совета
Доктор медицинских наук Николай Владимирович Жуков

Актуальность темы

Острый респираторный дистресс-синдром у детей, по новой классификации – педиатрический острый респираторный дистресс-синдром (ПОРДС), диагностируется приблизительно у 3 % пациентов отделений детской реанимации и интенсивной терапии и у 6 % детей, находящихся на инвазивной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) [R. G. Khemani, 2019].

Развитие тяжелого ПОРДС у детей с онкогематологическими заболеваниями, особенно после аллогенной трансплантации гемопоэтических стволовых клеток (ТГСК), сопровождается высокой летальностью, которая может достигать 75,4 % [C. M. Rowan, 2017].

Высокая летальность у этих пациентов обусловлена развитием гипоксемии, которую в 35 – 55% случаев не удается скорректировать, используя традиционные методы ИВЛ, что связано с этиологическими и патогенетическими особенностями повреждения легких у детей с онкогематологическими заболеваниями [L. Elbahlawan, 2016., R. G. Khemani, 2019].

Методом выбора устранения гипоксемии в этом случае, могла бы стать экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО). Однако, применение ЭКМО у пациентов с выраженной цитопенией, иммуносупрессией, гипокоагуляцией, тромбоцитопенией и синдромом полиорганной недостаточности (СПОН) имеет ряд относительных противопоказаний, в связи с высоким риском развития большого количества фатальных осложнений [C. Maratta, 2020].

Таким образом, в настоящее время остается актуальной проблема поиска альтернативного метода оксигенации у детей с онкогематологическими заболеваниям и рефрактерной к традиционной ИВЛ гипоксемией, вызванной тяжелой паренхиматозной дыхательной недостаточностью (ДН).

Одним из современных альтернативных методов ИВЛ, который можно использовать для улучшения оксигенации и устранения гипоксемии при паренхиматозной ДН, является сочетанная высокочастотная струйная искусственная вентиляция легких (СВСИВЛ).

Особенности механики дыхания и газообмена при данном методе респираторной поддержки, позволяют улучшить вентиляцию легких, повысить оксигенацию артериальной крови, снизить риск развития вентилятор-ассоциированного повреждения легких (ВАПЛ), повысить прогноз выживаемости у пациентов с ОРДС [G. Friedrich., G. Mausser, 2008., E. Schragl, 1995].

В мировой литературе имеется относительно небольшое количество исследований на тему эффективности применения СВСИВЛ при лечении пациентов с тяжелым ПОРДС и нам не встретилось ни одной работы, описывающей возможность использования данного метода

при лечении детей с онкогематологическими заболеваниями и тяжелым ПОРДС, что объясняет актуальность данной работы.

Цель исследования

Оценить эффективность и безопасность сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких при лечении тяжелого педиатрического острого респираторного дистресс-синдрома у детей с онкогематологическими заболеваниями.

Задачи исследования

1. Определить показания к СВСИВЛ у детей с онкогематологическими заболеваниями и тяжелым ПОРДС.
2. Провести клиническую оценку эффективности СВСИВЛ на основании показателей газообмена и биомеханических свойств респираторной системы у детей с онкогематологическими заболеваниями и тяжелым ПОРДС.
3. Оценить влияние СВСИВЛ на функциональные показатели работы сердца.
4. Сравнить результаты использования СВСИВЛ и традиционной ИВЛ у детей с онкогематологическими заболеваниями и тяжелым ПОРДС.
5. Разработать алгоритм использования СВСИВЛ у детей с тяжелым ПОРДС.

Научная новизна

1. В процессе исследования впервые изучена возможность использования СВСИВЛ, как альтернативного метода респираторной поддержки при лечении детей с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом ПОРДС.
2. Впервые проведен сравнительный анализ эффективности СВСИВЛ и традиционной ИВЛ при лечении детей с онкогематологическими заболеваниями и тяжелым ПОРДС.
3. Изучено влияние этих методов респираторной поддержки на степень насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом, центральную гемодинамику, биомеханические свойства респираторной системы, частоту и характер осложнений, а также на летальность и 30 суточную выживаемость у детей с онкогематологическими заболеваниями и тяжелым ПОРДС.
4. Установлено, что СВСИВЛ может с успехом применяться для обеспечения оксигенации у детей с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом ПОРДС, когда гипоксемия не может быть скорректирована традиционной ИВЛ.
5. Доказано, что газообмен в легких при СВСИВЛ достигается за счет использования более низких, чем при традиционной ИВЛ, значений «driving» pressure (ΔP) и альвеолярного давления (Palv), что обеспечивает возможность более раннего восстановления дыхательной функции легких и снижает риск развития ВАПЛ.

Теоретическая и практическая значимость работы

Внедрение СВСИВЛ в клиническую практику, позволяет расширить возможности респираторной поддержки при лечении детей с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом ПОРДС в тех случаях, когда не удаётся поддерживать адекватную оксигенацию и вентиляцию при помощи традиционных режимов ИВЛ.

Особенности СВСИВЛ позволяют проводить респираторную поддержку с использованием менее «агрессивных», чем при традиционной ИВЛ, параметров вентиляции, что снижает риск развития ВАПЛ и обеспечивает восстановление дыхательной функции легких.

СВСИВЛ может быть использована у пациентов с тяжелым ПОРДС и ОРДС в том случае, когда традиционные методы ИВЛ не могут обеспечить адекватную оксигенацию, а применение ЭКМО невозможно, в связи с отсутствием необходимого оборудования или наличием противопоказаний.

На основании полученных результатов исследования, был разработан и внедрен в клиническую практику ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» алгоритм проведения СВСИВЛ у детей с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом ПОРДС.

Внедрение результатов работы в клиническую практику

На основании полученных результатов исследования, был разработан и внедрен в клиническую практику ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» алгоритм проведения СВСИВЛ у детей с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом ПОРДС.

Апробация работы

Основные положения диссертации обсуждались на: Совместном заседании Ученого совета ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» и кафедры детской анестезиологии и интенсивной терапии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России от 28.05.2022.

IX Всероссийском междисциплинарном научно-практическом Конгрессе с международным участием «Педиатрическая анестезиология и интенсивная терапия. V Михельсоновские чтения» г. Санкт-Петербург, 7–10 октября 2017 г.

1-ом Российском съезде детских анестезиологов-реаниматологов.

X Всероссийском междисциплинарном научно-практическом Конгрессе с международным участием «Педиатрическая анестезиология и интенсивная терапия. VI Михельсоновские чтения» г. Москва, 28–30 октября 2019 г.

Форуме анестезиологов и реаниматологов России, 25–27 октября 2020 г.

Российском конгрессе «Детская онкология, гематология и иммунология XXI века: от науки к практике» г. Москва, 2021 г.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Показаниями для начала СВСИВЛ у детей с онкогематологическими заболеваниями являются: тяжелый ПОРДС (OSI ≥ 12,3 см вод. ст.); тяжелая артериальная гипоксемия (SpO_2 ≤ 86 %); высокий риск развития ВАПЛ при проведении традиционной ИВЛ: PIP ≥ 35 см вод. ст., Pplat ≥ 28 см вод. ст., ΔP ≥ 15 см вод. ст., FiO_2 = 100 %.
2. При развитии рефрактерной к традиционным методам ИВЛ гипоксемии у пациентов с онкогематологическими заболеваниями и тяжелым ПОРДС, СВСИВЛ улучшает газообмен и увеличивает степень насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом (SpO_2).
3. Использование СВСИВЛ у детей с онкогематологическими заболеваниями и тяжелым ПОРДС, позволяет проводить респираторную поддержку в соответствии с положениями стратегии «протективной» ИВЛ.
4. Использование при СВСИВЛ более высокого, чем при традиционной ИВЛ, уровня PEEP, требует увеличения в первые сутки дозы инотропных препаратов, для поддержания сердечного индекса.
5. СВСИВЛ способствует доставке большего количества кислорода к периферическим тканям при тяжелом ПОРДС, чем традиционная ИВЛ.
6. СВСИВЛ, в сравнении с традиционной ИВЛ, увеличивает 30 суточную выживаемость у детей с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом ПОРДС.

Личный вклад автора

Участие автора состояло в формулировке идеи работы, планировании структуры диссертации, проведении основной доли практической работы по осуществлению респираторной поддержки с использованием как традиционных режимов ИВЛ, так и СВСИВЛ у детей

вошедших в исследование, выполнении других лечебных мероприятий. Автор лично проводил анализ и статистическую обработку полученных результатов.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 123 страницах машинописного текста, иллюстрирована 27 рисунками и 18 таблицами. Диссертационная работа состоит из 5 глав. Первая глава содержит введение и обзор литературы по теме диссертации. Вторая охватывает информацию о материалах, методах и результатах исследования. Третья глава посвящена результатам исследования. В четвертой главе описан клинический случай. В пятую главу вошли обсуждение, заключение, выводы, разработанный алгоритм проведения СВСИВЛ и практические рекомендации. Список литературы содержит 118 источников (18 отечественных и 100 зарубежных).

Содержание работы

Материал и методы исследования

Исследование проспективно-ретроспективное, сравнительное в одной и параллельных группах, выполнено в период с 2015 по 2020 гг. на базе отделения реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева». Исследование одобрено локальным независимым этическим комитетом (протокол №. 6/2019 от 15.10.2019 г.).

Работа является анализом клинического материала, полученного при изучении метода СВСИВЛ у 22 детей с онкогематологическими заболеваниями, у которых в процессе лечения основного заболевания развилась паренхиматозная ДН, связанная с тяжелым ПОРДС.

Для оценки эффективности СВСИВЛ и сравнения двух методов респираторной поддержки при лечении детей с онкогематологическими заболеваниями и тяжелым ПОРДС, были сформированы две группы пациентов.

1-ая группа n = 22 (основная). Пациенты с тяжелым внелегочным ПОРДС, которым для коррекции критической, рефрактерной к традиционной инвазивной ИВЛ гипоксемии, в качестве альтернативного метода респираторной поддержки применяли СВСИВЛ. Группа была сформирована в период с января 2017 по декабрь 2020 гг.

2-ая группа n = 20 (контрольная) или группа ретроспективного контроля. Данная группа была сформирована на основе анализа архивных историй болезни пациентов, которые ранее проходили лечение в ОРИТ на базе ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева», по поводу

тяжелого ПОРДС, в период с января 2015 по декабрь 2019 гг. У пациентов этой группы респираторная поддержка проводилась с использованием традиционной ИВЛ.

Исследование было ограничено пятью сутками, так как именно в это время были обнаружены основные различия между изучаемыми показателям внутри групп и между группами. В соответствии с временными отрезками, на которые приходились основные изменения изучаемых показателей, в исследовании было выделено семь этапов.

Первый этап (исходный): в 1-ой группе соответствовал моменту времени, непосредственно перед началом СВСИВЛ. Во 2-ой группе первый этап соответствовал моменту постановки диагноза тяжелый ПОРДС.

Второй этап определялся как момент времени через 12 часов после начала исследования.

Третий – седьмой этапы соответствовали каждым полным суткам после начала исследования.

Общие принципы ведения пациентов

Всем пациентам проводилась стандартная симптоматическая, этиотропная и патогенетическая терапия.

Мониторинг витальных функций включал в себя: измерение неинвазивного артериального давления (АД), частоты сердечных сокращений (ЧСС), степени насыщения гемоглобина кислородом артериальной крови методом пульсоксиметрии (SpO_2).

Показатели центральной гемодинамики: ударный объем левого желудочка сердца (УОЛЖ), сердечный выброс (СВ), сердечный индекс (СИ), ударный индекс левого желудочка (УИЛЖ).

Лабораторные исследования: кислотно-основное состояние (КОС), парциальное давление кислорода венозной крови (PvO_2), парциальное давление углекислого газа венозной крови ($PvCO_2$), уровень лактата венозной крови (Lac), креатинин крови (Creat), общий билирубин (TBil), лейкоциты (WBC), гемоглобин (HGB), тромбоциты (PLT). Обзорная рентгенография органов грудной клетки выполнялась в прямой проекции.

Диагностика и оценка степени тяжести ПОРДС осуществлялись на основании рекомендаций Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference (PALICC) [Khemani R. et al., 2015; Cheifetz I. M., 2017].

Для характеристики степени легочного повреждения использовали шкалу повреждения легких (LIS) [Murray J. F., 1988]. Динамика тяжести состояния пациентов осуществлялась с использованием педиатрической оценочной шкалы: Pediatric Sequential Organ Failure Assessment Score (pSOFA) [Matics T. J., 2017].

Перед началом исследования все пациенты находились на инвазивной ИВЛ, которая осуществлялась аппаратами Drager Evita Infinity V500C с использованием «протективной» стратегии ИВЛ на основании Клинических рекомендаций Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» и рекомендаций PALICC [KhemaniR., 2015; Cheifetz I. M., 2017; Yaroshetskiy A. I., 2020].

ИВЛ проводилась в режиме с управляемым объемом (VC) с использованием нисходящей формы инспираторного потока с дыхательным объемом (Vt) равным 3-8 мл/кг идеальной массы тела, с регистрацией стандартных параметров ИВЛ, позволяющих оценить механические свойства респираторной системы.

Регистрировались следующие параметры ИВЛ: максимальное давление в дыхательных путях (PIP), среднее давление в дыхательных путях (MAP), давление «плато» (Pplat), положительное давление в конце выдоха (PEEP), «driving» pressure (ΔP), статическая податливость респираторной системы (Cstat), показатели SpO_2/FiO_2 и Oxygen Saturation Index (OSI).

Центральную гемодинамику оценивали путем анализа данных, полученных при проведении эхокардиографии (ЭХО-КГ) и ультразвукового монитора параметров сердечного выброса (USCOM).

При оценке количества кислорода, доставленного к периферическим тканям, опирались на индекс доставки кислорода (iDO_2), который рассчитывали по формуле:

$$iDO_2 = СИ \times (1{,}34 \times Hb \times SpO_2/100 + PaO_2 \times 0{,}031)\ (мл/мин/м^2), \quad (1)$$

где: iDO_2 – индексированный показатель уровня доставки кислорода к клеткам (мл/мин/м^2).

СИ – сердечный индекс (л/мин/м^2).

1,34 – минимальное значение константы Гюфнера (мл/г).

Hb – гемоглобин крови (г/л).

PaO_2 – парциальное давление кислорода в плазме артериальной крови (мм рт. ст.).

0,031 – растворимость кислорода в плазме артериальной крови.

Примечание: Показателем $PaO_2 \times 0{,}031$ пренебрегали, как ничтожно малым значением.

При развитии острой почечной недостаточности (ОПН) применялись методы экстракорпоральной почечно-заместительной терапии (ПЗТ). Процедура проводилась в режиме непрерывной вено-венозной гемодиафильтрации (ВВГДФ) на аппаратах Fresenius «multiFiltrate» и Baxter «Prismaflex».

Показания к сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких

1. Тяжелый ПОРДС (OSI ≥ 12,3).
2. Невозможность обеспечить адекватную оксигенацию (SpO2 ≤ 86).
3. Высокий риск развития вентилятор-ассоциированного повреждения легких при проведении традиционной ИВЛ (ΔP ≥ 15 см вод. ст., Pplat ≥ 30 см вод. ст. FiO2 = 1).
4. Тяжелое легочное повреждение с оценкой по шкале LIS ≥ 2,5 балов.

Методика проведения сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких при терапии острого респираторного дистресс-синдрома у детей с онкогематологическими заболеваниями

Техника проведения СВСИВЛ основывалась на выполнении разработанного автором алгоритма действий, который позволял обеспечить наилучшую вентиляцию и газообмен в легких, увеличить степени насыщения кислородом гемоглобина артериальной крови, создавал условия для восстановления биомеханических свойств ткани легких, снижал риск развития ВАПЛ у пациентов с тяжелым ПОРДС.

Данный алгоритм действий включает в себя:

1. Двукратное построение перед началом СВСИВЛ статической петли «давление – объем» с оценкой биомеханических свойств респираторной системы.
2. Выявление нижней (LIP) и верхней (UIP) точек перегиба на инспираторной части статической петли «давление – объем».
3. Поиск эффективной и безопасной зоны вентиляции с определением минимально достаточного уровня PEEP и безопасного Pplat.
4. Подбор параметров СВСИВЛ, которые обеспечивают оптимальную респираторную поддержку в границах эффективной и безопасной зоны вентиляции.
5. Осуществление контроля за параметрами СВСИВЛ на протяжении всей респираторной терапии.
6. Определение показаний для отлучения от аппарата СВСИВЛ и перевода пациента на традиционные методы ИВЛ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общая характеристика пациентов

Всего в исследование включено 42 пациента с различными онкогематологическими заболеваниями, основные нозологические формы которых представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Заболевания пациентов, включенных в исследование

Заболевания	1-ая группа		2-ая группа	
	n	%	n	%
Нейробластома	–	–	1	5
Апластическая анемия	4	18,18	–	–
Острый миелобластный лейкоз (ОМЛ)	3	13,61	3	15
Острый лимфобластный лейкоз (ОЛЛ)	4	18,18	5	25
Лимфома Ходжкина	1	4,55	–	–
Медуллобластома мозжечка	1	4,55	–	–
Первичный иммунодефицит (ПИД)	4	18,18	7	35
Тяжелая комбинированная иммунная недостаточность (ТКИН)	2	9,10	2	10
Гистиоцитоз	1	4,55	2	10
Тромботическая микроангиопатия	1	4,55	–	–
Остеопетроз (болезнь Альберс – Шенберга)	1	4,55	–	–
Итого	22	100	20	100

15 пациентов (68,18%) в 1-ой группе и 12 пациентов (68,18%) во 2-ой группе, находились на разных сроках после проведенной аллогенной ТГСК.

Медиана возраста пациентов 1-ой группы составила 6,8 лет (82,5мес.), пациентов 2-ой группы 6,3 года (76 мес.). При анализе антропометрических данных не было получено статистически значимых различий между группами Таблица 2.

Таблица 2 – Антропометрическая характеристика пациентов

Показатель	1 группа			2 группа		
	Медиана	1-ый перцентиль	3-ий перцентиль	Медиана	1-ый перцентиль	3-ий перцентиль
Возраст (месяцев)	82,5	13	120	76	17	150
Масса (кг)	16,9	4,3	80	11,6	5	69,3
Площадь поверхности тела ($м^2$)	0,75	0,3	2	0,5	0,3	1,9
Мальчики Девочки	8 14			8 12		

У всех пациентов, включенных в исследование, был диагностирован синдром полиорганной недостаточности (СПОН), однако пациенты 1-ой группы имели более выраженную

органную дисфункцию и более высокий риск развития летального исхода по сравнению с пациентами 2-ой группы Таблица 3.

Таблица 3 – Оценка степени тяжести пациентов в группах

Показатель	1-ая группа	2-ая группа
pSOFA	12 ± 1,6 *	9 ± 2 *
СПОН	100 %	100 %
Сепсис	100 %	100 %
Септический шок	14 (63,6 %) *	7 (35 %) *
ПЗПТ	11 (50 %)	5(25 %)

Примечание: * - $p \leq 0,05$ между группами

Исходные показатели газообмена, степени легочного повреждения и параметров искусственной вентиляции легких в группах сравнения

Пациенты 1-ой группы включались в исследование на более поздних стадиях ПОРДС, чем пациенты контрольной группы, что обуславливало наличие у них более значимых нарушений вентиляции легких, более существенному снижению биомеханических функций респираторной системы и оксигенации артериальной крови. Это проявлялось в статистически значимых различиях между группами по показателям Sat, $PvCO_2$, OSI, Palv и LIS Таблица 4

Таблица 4 – Степень легочного повреждения между группами сравнения на первом этапе исследования * $p \leq 0,05$ между группами

Показатель	1-ая группа			2-ая группа		
	Медиана	1-й перцентиль	3-й перцентиль	Медиана	1-й перцентиль	3-й перцентиль
OSI	24*	20,2	27	13*	11	17,5
Palv см вод. ст.	30,5*	28	33	27,5*	23	29,5
LIS баллы	3,6*	3,2	3,7	3,2*	2,8	3,2
Cstat мл/см вод.ст.	5	3,8	11,7	5,1	3	9,6
Длительность ПОРДС (сутки)	4,09 ± 2,4*			1*		

У пациентов 1-ой группы на начальном этапе исследования проводилась более «агрессивная» стратегия ИВЛ, по сравнению с пациентами 2-ой группы.

Тем не менее, уровень ΔP, характеризующий безопасность проводимой ИВЛ, в обеих группах находился значительно выше «безопасных» значений, что свидетельствовало о высоком риске развития ВАПЛ и возможной высокой летальности в группах Таблица 5.

Таблица 5 – Параметры респираторной поддержки в группах сравнения на первом этапе исследования *p ≤ 0,05 между группами

Показатель	1-ая группа			2-ая группа		
	медиана	1-й перцентиль	3-й перцентиль	медиана	1-й перцентиль	3-й перцентиль
PIP (см вод. ст.)	32,5*	30	35,5	28,5*	25	31
Palv (см вод. ст.)	30,5*	28	33	27,5*	23	30
PEEP (см вод. ст.)	12*	10	12	8*	7	9
MAP (см вод. ст.)	24*	21	24	17,5*	15,5	19
ΔP (см вод. ст.)	18,5	18	21	19,5	16	21
FiO_2 (%)	100	–	–	100	–	–

Динамика показателей газообмена, степени легочного повреждения и параметров искусственной вентиляции легких в группах сравнения на этапах исследования

Через 12 часов после начала СВСИВЛ у пациентов 1-ой группы отмечалось улучшение оксигенации и вентиляции, что сопровождалось ростом медианы SpO2 до 98,5% и снижением медианы PvCO2 с 65 до 45,5 мм рт. ст. В то же время, у пациентов 2-ой группы уровень SpO2 достоверно не увеличивался.

Особенности газообмена при СВСИВЛ и подбор оптимального PEEP на основе оценки биомеханических свойств респираторной системы, позволили проводить респираторную поддержку в группе, используя относительно высокий уровень PEEP, медиана которого через 12 часов после начала исследования достигала 14 см вод. ст.

У пациентов 2-ой группы не удавалось достичь необходимого для раскрытия колабированных альвеол уровня PEEP, так как это приводило к снижению Vt, минутной вентиляции легких и нарастанию уровня PvCO2, в связи с чем медиана PEEP у этих пациентов была достоверно ниже и составляла 8,5 см вод. ст.

У пациентов 1-ой группы на втором этапе исследования отмечалось улучшение биомеханических свойств респираторной системы, что проявлялось статистически значимым снижением медианы Palv с 30,5 см вод. ст. до 27 см вод. ст., а MAP с 24 см вод. ст. до 20 см вод. ст. У пациентов 2-ой группы медиана Palv увеличилась с 27,5 до 28 см вод. ст., а медиана MAP с 17,5 до 18,5 см вод. ст. соответственно.

Анализ ΔP показал, что исходно у всех пациентов медиана ΔP превышала 15 см вод. ст. и составляла 18,5 см вод. ст. у пациентов 1-ой группы и 19,5 см вод. ст. у пациентов во 2-ой группе. Возможность осуществлять респираторную поддержку в группе СВСИВЛ с более высоким PEEP и улучшение податливости респираторной системы, способствовало тому, что через 12 часов после начала исследования, у пациентов 1-ой группы медиана ΔP снизилась до 12 см вод. ст., что было достоверно ниже значений, полученных у них на первом этапе исследования.

Пациенты 2-ой группы на этом этапе исследования имели статистически более высокое значение медианы ΔP, которая достигала 19 см вод. ст.

Улучшение биомеханических свойств респираторной системы и оксигенации артериальной крови у пациентов 1-ой группы в процессе проведения СВСИВЛ, сопровождалось так же достоверным снижением OSI, что отражало динамику тяжести ПОРДС.

Таким образом, через 12 часов после начала исследования, различия между группами по SpO_2, $PvCO_2$, Palv, MAP и OSI полностью нивелировались за счет улучшения оксигенации, улучшения биомеханических свойств респираторной системы и снижения параметров вентиляции у пациентов в 1-ой группы.

Вместе с тем, появились статистически значимые различия по показателям, характеризующим параметры респираторной поддержки (ΔP и PEEP), которые у пациентов 1-ой группы укладывались в алгоритм стратегии «протективной» ИВЛ, в то время как у пациентов 2-ой группы эти показатели имели значения, увеличивающие риск развития ВАПЛ Таблица 6.

Таблица 6 – Результаты сравнении основной и контрольной групп через 12 часов после начала СВСИВЛ

Показатель	1 группа			2 группа		
	медиана	1-й перцентиль	3-й перцентиль	медиана	1-й перцентиль	3-й перцентиль
SpO_2 (%)	98,5	94,25	99	97	96	99
$PvCO_2$ (мм рт. ст.)	43,7	38,1	52,5	43	45	46,2
ΔP (см вод. ст.)	**10**	**9**	**14**	**19**	**16**	**21**
Palv (см вод. ст.)	27	23	28	28	24	29
MAP *(см вод. ст.)*	20	18	23	18	15	20
PEEP (см вод.ст.)	**14**	**13**	**15**	**8,5**	**7,7**	**10**
OSI (см вод. ст.)	13	10	17	11	9	16

Примечание: жирным курсивом отмечены показатели и параметры статистического анализа, по которым группы имели достоверные различия $p \leq 0.05$. Теста Манна-Уитни

Дальнейший анализ данных показал, что на третьи сутки исследования медианы SpO_2 у пациентов 1-ой группы достигает 99%, а на 5 сутки 100%. У пациентов 2-ой группы, начиная с третьих суток исследование, напротив, отмечается прогрессия артериальной гипоксемии со снижение медианы SpO_2 до 95%, а на пятые сутки до 94,5%. На этих этапах между группами появляются статистически значимые различия по данному показателю Рисунок 1.

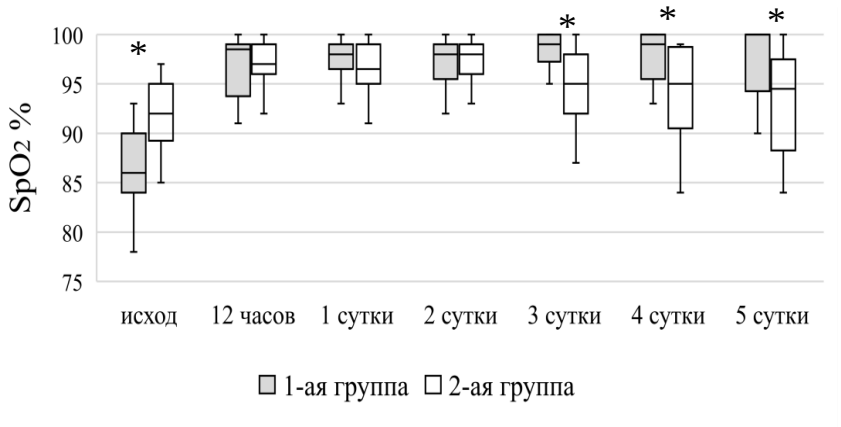


Рисунок 1 – Степень насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом методом пульсоксиметрии у пациентов в группах сравнения на этапах исследования (* $p \leq 0,05$ между группами)

Начиная с третьих суток исследования, у пациентов 1-ой группы отмечается снижение альвеолярного давления (Palv) с достижением медианы 24 см вод. ст. на четвертые сутки исследования.

У пациентов 2-ой группы в этот же период времени Palv прогрессивно нарастало и к пятым суткам исследования медиана его достигла 28 см. вод. ст. Рисунок 2.

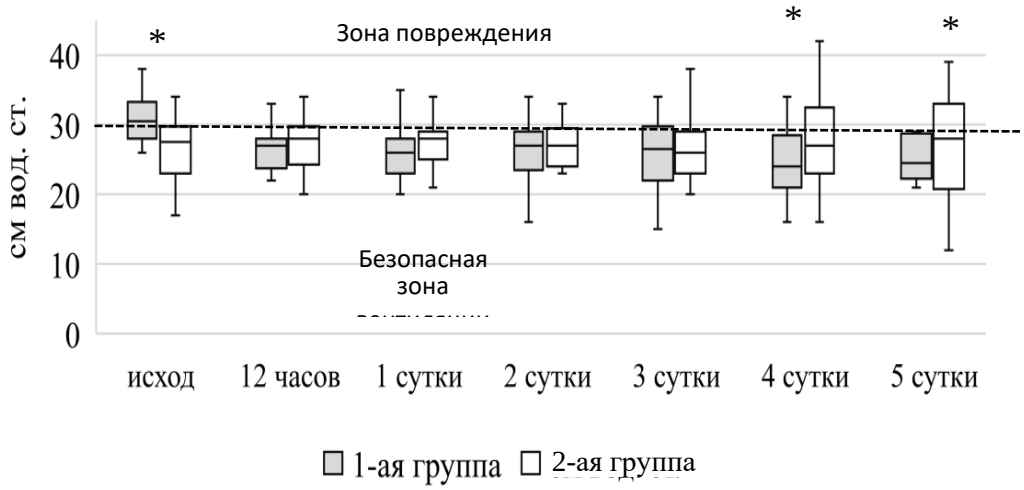


Рисунок 2 – Альвеолярное давление у пациентов в группах сравнения на этапах исследования (* $p \leq 0,05$ между группами). Пунктиром обозначена линия максимально допустимого альвеолярного давления

Статистически значимые различия в показателях ΔP между группами сохранялись на протяжении всего исследования, начиная со второго этапа. Различия достигались за счет применения более высоких значений PEEP и возможности контролировать уровень Palv ≤ 30 см вод. ст. (в зоне безопасной вентиляции) у пациентов, которым проводилась СВСИВЛ Рисунок 3.

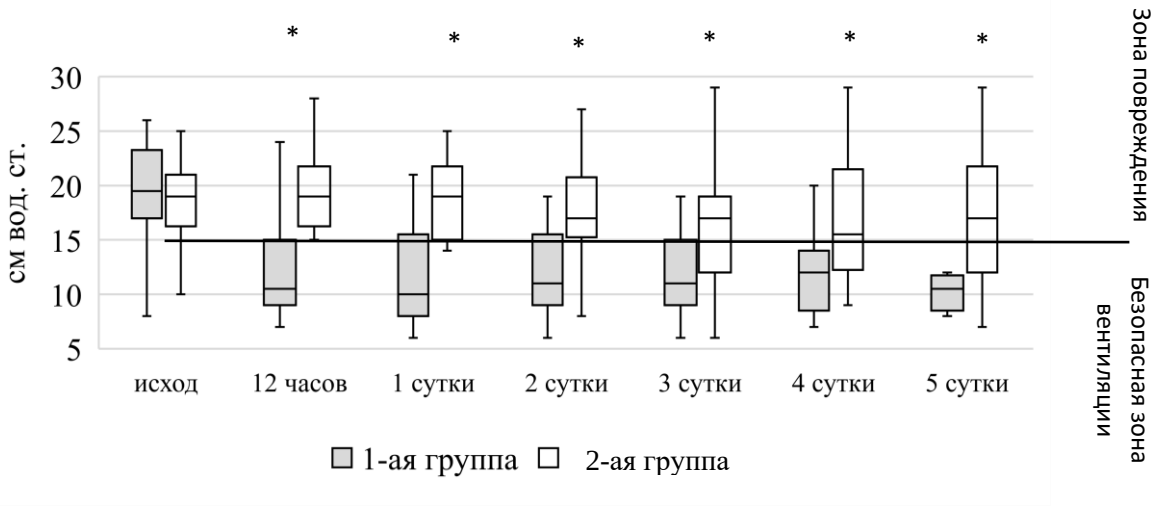


Рисунок 3 – Динамика ΔP - «driving» pressure у пациентов в группах сравнения на этапах исследования (* p ≤ 0,05 между группами). Пунктиром обозначена линия максимально допустимого значения «driving» pressure

У пациентов 2-ой группы, попытки увеличить PEEP, сохраняя уровни Palv, ΔP и Vt, в безопасной зоне вентиляции, приводили к нарушению газообмена в лёгких и развитию гиперкапнии, поэтому уровень PEEP у них на протяжении всего исследования оставался практически постоянным Рисунок 4.

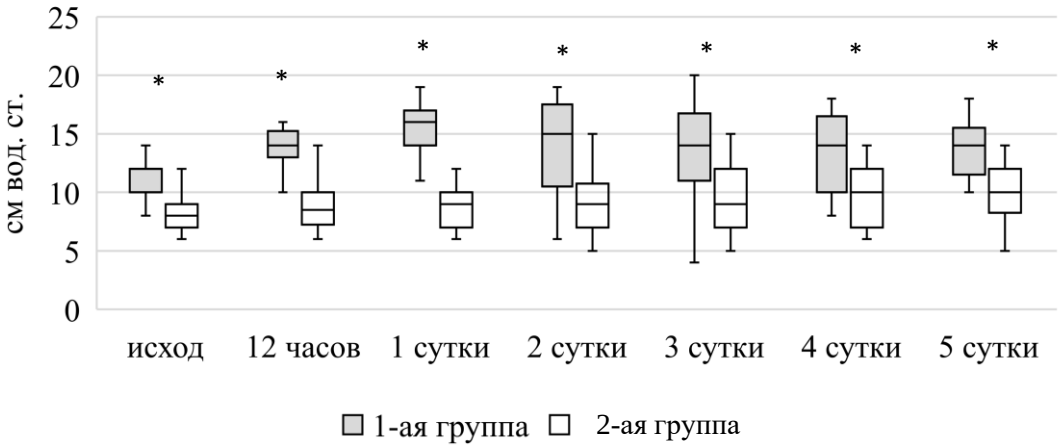


Рисунок 4 – Динамика положительного давления в конце выдоха у пациентов в группах сравнения на этапах исследования (* p ≤ 0,05 между группами)

У всех пациентов после начала терапии ПОРДС и подбора оптимальных параметров респираторной поддержки отмечалось снижение OSI.

Однако, начиная с 4-ых суток исследования, у пациентов 2-ой группы вновь регистрировалось повышение OSI с переходом ПОРДС в более тяжелую стадию.

У пациентов 1-ой группы напротив, отмечалось снижение OSI и, начиная с 3-их суток исследования, можно было говорить о переходе у них ПОРДС из тяжелой в среднюю степень тяжести Рисунок 5.

Такая динамика OSI в 1-ой группе была связана с увеличением SpO_2, снижением MAP за счет улучшения биомеханических свойств респираторной системы, уменьшением зависимости от FiO_2.

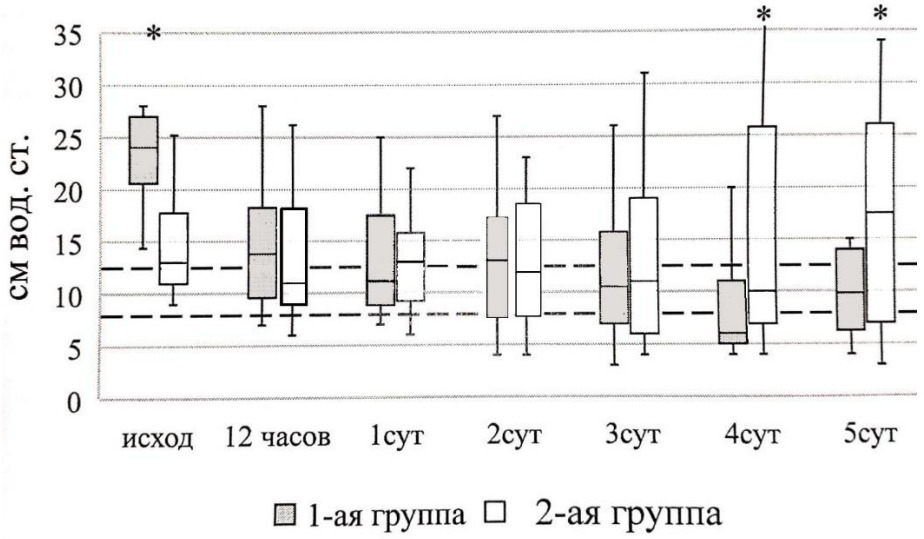


Рисунок 5 – «Oxygenation saturation index» у пациентов в группах сравнения на этапах исследования (* $p \leq 0,05$ между группами)

Влияние метода респираторной поддержки на сократительную функцию миокарда и доставку кислорода периферическим тканям в группах сравнения

В течение первых 4-х суток исследования СИ и ударный индекс левого желудочка (УИЛЖ) у пациентов 1-ой и 2-ой групп не имели статистически значимых различий и находилисьв границах физиологической нормы. У 63,6 % пациентов 1-ой группы и у 35 % пациентов 2-ой группы, для поддержания сократительной функции миокарда, было необходимо использование катехоламинов ($p \leq 0,05$). Препаратом выбора являлся допамин, дозировка которого на первом этапе исследования в группах сравнения не отличалась и составила 5,5 ± 0,5 мкг/кг/мин и 5 ± 0,2 мкг/кг/мин соответственно Таблица 8.

Таблица 8 – Показатели центральной гемодинамики на этапах исследования в сравниваемых группах * $p \leq 0,05$ между группами

	1-ая группа				2-ая группа			
Признак /Этап	ЧСС уд в мин.	УИЛЖ мл/м^2	СИ мл/мин/м^2	допамин мкг/кг/мн	ЧСС уд в мин.	УИЛЖ мл/м^2	СИ мл/мин/м^2	Допамин мкг/кг/мин
исход	127 Per:107/150	41,3 Per:30,9/67,3	3,9 Per:3,2/5,7	5,5 ± 0,5	126 Per:102/143	45,1 Per:33,3/57,5	4,9 Per:3,2/5,9	5±0,2
12 час	114 Per:102/135	46,6 Per:37,5/61,2	3,8 Per:3/5,7	7,8 ± 0,8*	114 Per:96/128	47,2 Per:33,8/71,4	4,9 Per:3,2/6	5,5 ± 0,6*
1 сут	120 Per:106/133	41,7* Per:35,9/60,4	4,2 Per:3,2/5,1	8 ± 0,4	118 Per:95/138	51,2* Per:37,9/71	5,0 Per:3,2/6	6 ± 0,4
2 сут	120 Per:102/130	53,5 Per:35,7/71,2	4,1 Per:3,5/5,3	7,8 ± 0,2	115 Per:91/128	42,7 Per:34,2/59,5	5,0 Per:3,1/5,6	7,8±0,3
3 сут	112 Per:105/123	55,4* Per:43,7/65,9	4,5 Per:3,4/5,4	6,5 ± 0,2*	128 Per:88/145	41,6* Per: 33,3/59,8	5,0 Per:3/5,2	8,9 ± 0,2*
4 сут	106 Per:89/125	57,9* Per:53,3/67,4	5,2 Per:4/5,7	6,7 ± 1,1*	111 Per:97/124	47,7* Per:39,6/62,6	4,8 Per:3,2/5,4	9,4 ± 0,8*
5 сут	126 Per:95/131	50,1* Per:30,1/64,1	5,4 Per:3,4/5,7*	6 ± 0,5*	138 Per:102/143	32,4* Per:23,1/47,9	2,1 Per:2,9/5,3*	10,3 ± 0,2*

После начала СВСИВЛ, для поддержания прежнего уровня СИ, у пациентов 1-ой группы появилась необходимость в увеличении дозы допамина до 7,8 ± 0,8 мкг/кг/мин, в то время как у пациентов 2-ой группы, получавших традиционную ИВЛ, доза допамина осталась прежней и составила 5,5 ± 0,6 мкг/кг/мин. Таким образом, на втором этапе исследования между группами появилась статистически значимые различия по скорости введения допамина.

Статистически значимые различия по скорости введения допамина между группами нивелировались на первые сутки исследования, так как у пациентов 2-ой группы появляется необходимость в увеличении скорости введения допамин, у пациентов 1-ой группы в это время зафиксировано снижение дозы допамина при стабильных показателях СИ.

Начиная с третьих суток СВСИВЛ между группами сравнения вновь появились статистически значимые различия по скорости введения допамина, которая у пациентов 1-ой группы составила 6,5 ± 0,2 мкг/кг/мин, а у пациентов 2-ой группы 8,9 ± 0,8 мкг/кг/мин. При этом обращало на себя внимание, снижение на 5-е сутки исследования СИ до 2,1 (Per 2,9 / 5,3) л/мин/м^{2}у пациентов, получавших традиционную ИВЛ, в то время как у пациентов группы СВСИВЛ сохранялась удовлетворительная сократительная способность миокарда с СИ равным 5,4 (Per 3,4/ 5,7) л/мин/м^2.

В основе нарушений контрактильной функции миокарда после начала СВСИВЛ, лежало снижении ударного объема левого желудочка (ЛЖ), что проявлялось уменьшением УИЛЖ. Наиболее отчетливо это видно на 1-е сутки исследования, когда УИЛЖ снизился до 41,7 (Per 35,9/60,4) мл/м^2, а СИ поддерживался за счет умеренной тахикардии. Восстановление

сократительной способности миокарда ЛЖ у пациентов 1-ой группы отмечается на 2-е сутки после начала СВСИВЛ.

Индекс доставки кислорода к периферическим тканям (iDO_2) на первом этапе исследования не имел статистически значимых различий в сравниваемых группах. Тем не менее, медиана у пациентов 1-ой группы iDO_2 составляла 470 мл/мин/м^2 (Per:361/623), у пациентов 2-ой группы 534 мл/мин/м^2 (Per:379/688), что было ниже нормальных значений, и значительно ниже порога выживаемости ($iDO_2 \geq 700$ мл/мин/м^2). Так как СИ в группах на этом этапе исследования соответствовал свои нормальным значениям, а уровень гемоглобина у пациентов строго контролировался и поддерживался в границах физиологической нормы, такое снижение iDO_2 можно объяснить только выраженной гипоксемией.

Дальнейший анализ динамики iDO_2 в сравниваемых группах показал, что, начиная с третьих суток исследования, у пациентов 1-ой группы доставка кислорода к периферическим тканям значительно увеличивалась, в то время как у пациентов 2-ой группы доставка кислорода снижалась.

Статистически значимые различия по iDO_2 определились на пятые сутки исследования, когда у пациентов, получавших СВСИВЛ iDO_2 увеличился до 654 мл/мин/м^2 (Per:723/458), а у пациентов с традиционной ИВЛ iDO_2 снизился до 451 мл/мин/м^2 (Per:623/334) Рисунок. 6.

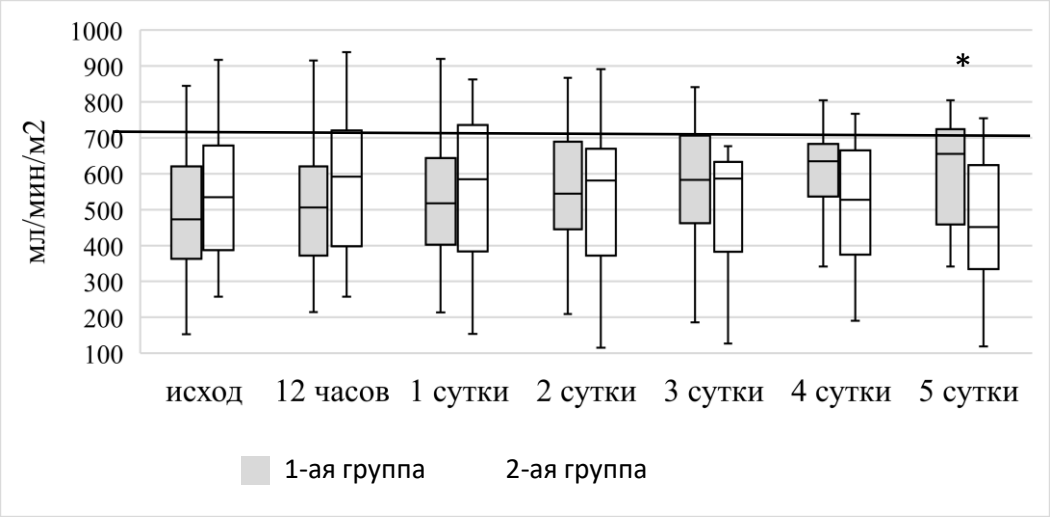


Рисунок 6 – Индекс доставки кислорода (iDO_2) у пациентов в группах сравнения на этапах исследования (* $p \leq 0,05$ между группами)

Влияние метода респираторной поддержки на динамику степени органной дисфункции в группах сравнения

На момент начала исследования тяжесть состояния у пациентов 1-ой группы по шкале pSOFA составляла 12,1±1,6 баллов и имела статистически значимое отличие от тяжести состояния пациентов 2-ой группы, которая оценивалась на 9,3±2 балла Рисунок 7.

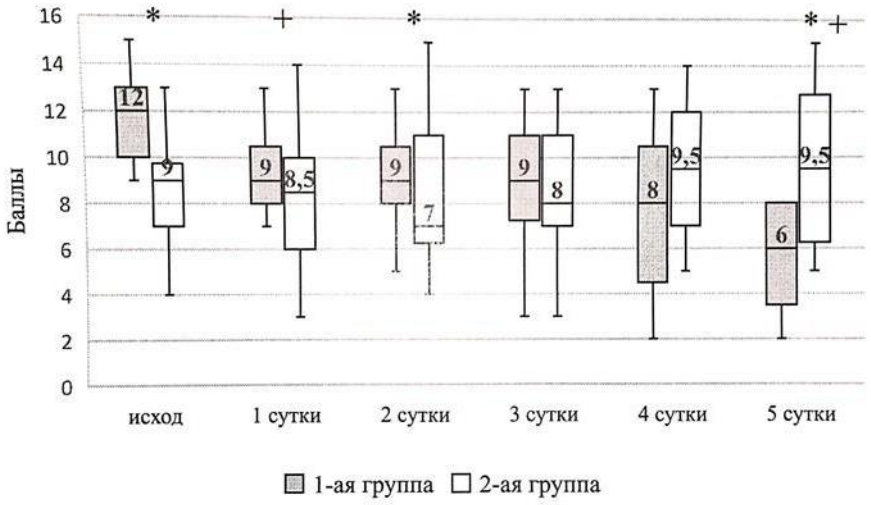


Рисунок 7 – Динамика тяжести состояния пациентов в группах сравнения на этапах исследования (примечание: * $p \leq 0,05$ между группами; + $p \leq 0,05$ в группе).

Увеличение в первые сутки после начала СВСИВЛ SpO_2 у пациентов 1-ой группы способствовало улучшению органных функций и статистически значимому снижению pSOFA до9 баллов.

У пациентов 2-ой группы существенной динамики в оценке степени органной дисфункциине отмечалось, и к первым суткам с момента начала исследования, pSOFA составляла 8,5 балла. Достоверные различия на этом этапе исследования между группами по оценке степени тяжести пациентов нивелировались.

На 2-е сутки у пациентов 2-ой группы наблюдалось снижение степени тяжести состояниядо 7±3,3 баллов по шкале pSOFA, однако, начиная с 3-их суток исследования у этих пациентов вновь отмечается прогрессия органной дисфункции, что связано с прогрессией артериальной гипоксемии и сердечно-сосудистой недостаточности.

Достоверные различия по степени органной дисфункции между группами вновь регистрируются на 5-е сутки исследования, когда степень тяжести по pSOFA у пациентов 1-ой группы соответствовала 6 баллам, а у пациентов 2-ой группы 9,5 баллам.

Осложнения, связанные с проведением сочетанной высокочастотной струйной и традиционной искусственной вентиляции легких у пациентов с тяжелой формой педиатрического острого респираторного дистресс-синдрома

Осложнения возникшие в процессе проведения СВСИВЛ и традиционной ИВЛ представлены в Таблице 9.

Таблица 9 – Частота развития легочных осложнений у пациентов в группах

Осложнение	1-я группа		2-я группа	
	Частота	Время развития	Частота	Время развития
Двусторонний пневмоторакс	4,54 %	3-е сутки	–	–
Левосторонний пневмоторакс	4,54 %	3-е сутки	–	–
Двусторонний пневмоторакс + пневмомедиастинум	4,54 %	3-е сутки	1 5%	6 – 14сут (9,3 ± 4,1)
Общее количество	13,6 %	–	15 %	–

Нарушение вентиляции в виде повышения уровня $PvCO_2$ было отмечено у одного пациента (4,5%) на вторые сутки проведения СВСИВЛ. Несмотря на различные манипуляции с режимами СВСИВЛ, добиться допустимых значений уровня углекислоты в крови не удалось, в связи с чем пациент был выведен из исследования.

Только в одном случае (4,5 %) нам пришлось отказаться от проведения СВСИВЛ ввиду выраженной гемодинамической нестабильности, связанной с синусовой брадикардией.

Выживаемость и летальность в группах сравнения

Среди пациентов в обеих группах отмечалась высокая летальность. В 1-ой группе из 22 пациентов умерло 16 человек, во второй группе из 20 пациентов умерло 14 человек. Таким образом, летальность в 1-ой группе составила 72,7%, во 2-ой группе 70%.

Все летальные исходы у пациентов, которым проводилась традиционная ИВЛ, были связаны с прогрессией ПОН на фоне рефрактерной к коррекции гипоксемии.

В группе СВСИВЛ, непосредственно от рефрактерной гипоксемии умерло 8 человек, что составило 50% от общего числа летальных исходов в группе. Остальные 8 человек, на фоне нормализации газообмена и улучшения биомеханических свойств респираторной системы, были благополучно переведены на традиционную ИВЛ и причиной летального исхода в данном случае была прогрессия основного заболевания или осложнения, связанные с лечением основного заболевания.

30-ти суточная выживаемость составила 5% среди пациентов 2-ой группы и 50 % средипациентов 1-й группы Рисунок 8.

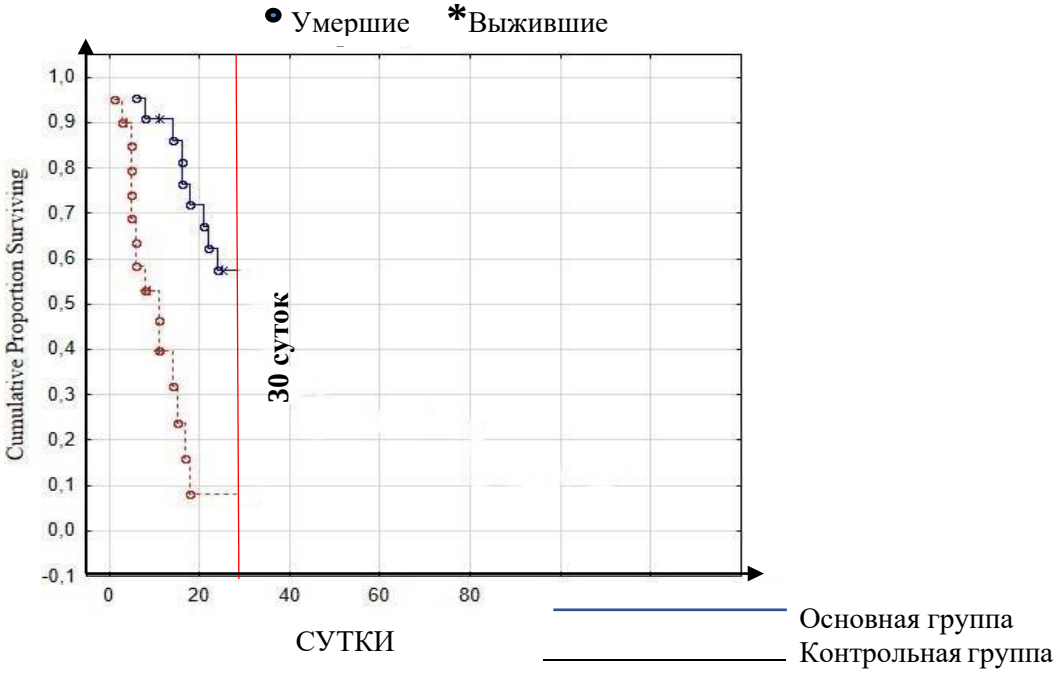
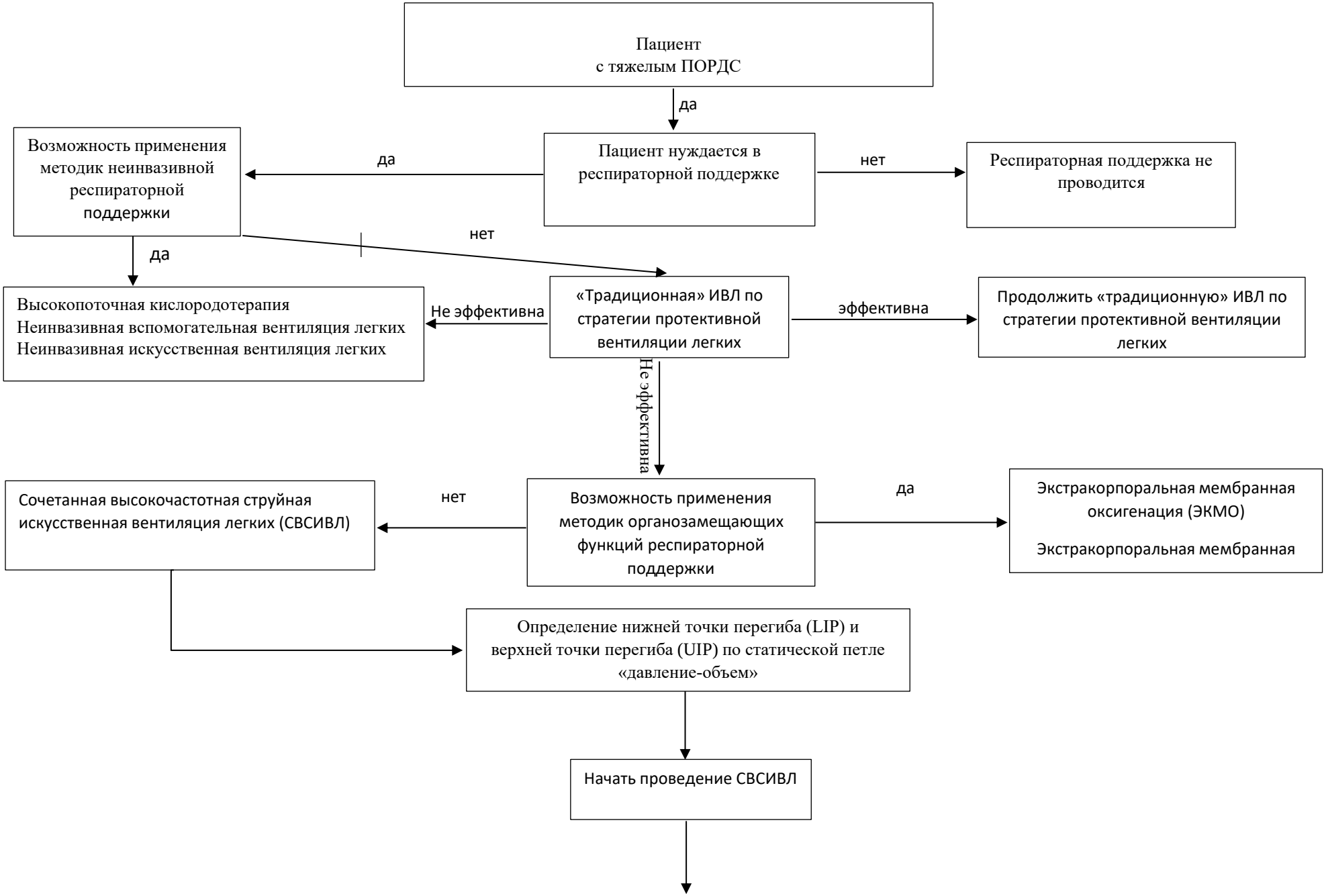


Рисунок 8 – Кумулятивная 30-ти суточная выживаемость в группах (показатель Каплан – Майер)

Алгоритм использования сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции лёгких у детей с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом вторичном остром респираторном дистресс-синдроме

Результаты выполненной работы позволили разработать алгоритм принятия решений при проведении респираторной поддержки у детей с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом ПОРДС, в который была интегрирована методика сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции лёгких Рисунок 9.


Пациент
с тяжелым ПОРДС
да
Пациент нуждается в респираторной поддержке
нет
Респираторная поддержка не проводится
да
Возможность применения методик неинвазивной респираторной поддержки
нет
да
Высокопоточная кислородотерапия
Неинвазивная вспомогательная вентиляция легких
Неинвазивная искусственная вентиляция легких
Не эффективна
«Традиционная» ИВЛ по стратегии протективной вентиляции легких
эффективна
Продолжить «традиционную» ИВЛ по стратегии протективной вентиляции легких
Не эффективна
Сочетанная высокочастотная струйная искусственная вентиляция легких (СВСИВЛ)
нет
Возможность применения методик органозамещающих функций респираторной поддержки
да
Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО)
Экстракорпоральная мембранная
Определение нижней точки перегиба (LIP) и верхней точки перегиба (UIP) по статической петле «давление-объем»
Начать проведение СВСИВЛ

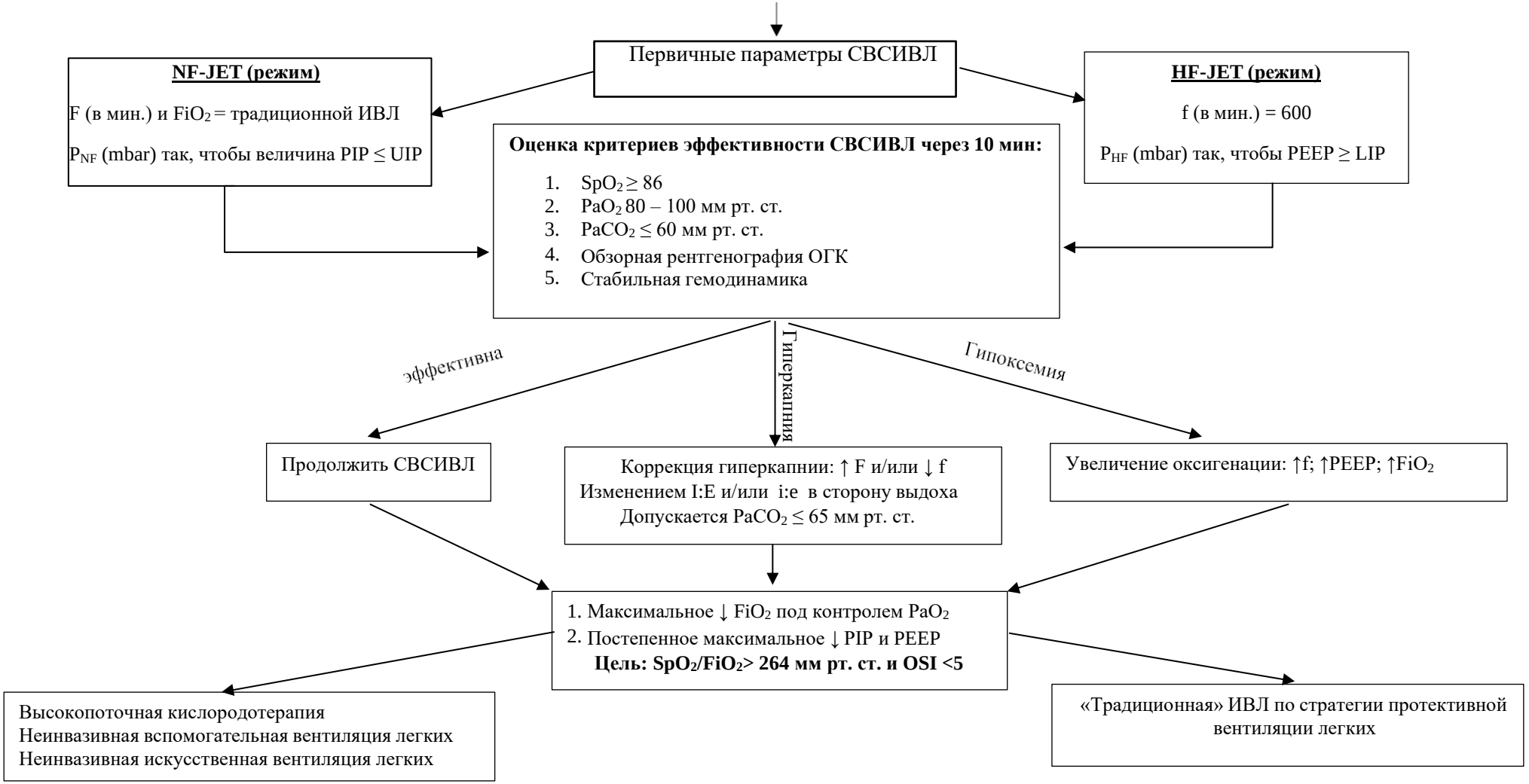


Рисунок 9 – Блок-схема алгоритма применения сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции лёгких у детей с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом ПОРДС

ВЫВОДЫ

1. Показаниями для начала сочетанной высокочастотной струйной ИВЛ у детей с онкогематологическими заболеваниями являются: тяжелый ПОРДС (OSI ≥ 12,3) и гипоксемия (SpO_2 ≤ 86 %, SpO_2/FiO_2 ≤ 264 мм рт. ст.), которую невозможно компенсировать, используя традиционные методы ИВЛ, либо для поддержания оксигенации (SpO_2 ≥ 86 %), используются параметры ИВЛ, которые могут вызвать ВАПЛ (PIP ≥ 35 см вод. ст., Pplat ≥ 28 см вод. ст., ΔP ≥ 15 см вод. ст., FiO_2=1).

2. Применение СВСИВЛ существенно улучшает оксигенацию и элиминацию CO_2. Так, уже через 12 часов после начала СВСИВ, отмечается повышение SpO_2 и снижение $PvCO_2$. Нормализация газообмена происходит на фоне улучшения биомеханических свойств респираторной системы, что подтверждается снижением OSI и параметров респираторной поддержки.

3. В первые сутки после начала СВСИВЛ, для поддержания сократительной функции миокарда, требуется увеличение дозы инотропных препаратов. Однако, уже со вторых суток применения СВСИВЛ, отмечается снижение потребности в инотропной терапии, при сохранении стабильного уровня показателей СИ и УИЛЖ.

4. При проведении СВСИВЛ стойкое улучшение оксигенации регистрируется на протяжении всего времени исследования, в то время как при традиционной ИВЛ, повышение SpO_2 носит кратковременный характер. Особенности газообмена и способы управления при СВСИВЛ, позволяют обеспечит такое давления в дыхательных путях, которое снижает риск развития ВАПЛ, чего не всегда можно добиться при использовании традиционной инвазивной ИВЛ.

5. Улучшение оксигенации и стабильная гемодинамика при СВСИВЛ обеспечивает стойкое повышение iDO_2 до 654 мл/ мин/м^2 к пятым суткам исследования. В то время как, при использовании традиционной ИВЛ, отмечалось постепенное снижение этого показателя.

6. Синдром утечки воздуха, как наиболее частое осложнение, встречается с одинаковой частотой, как при проведении СВСИВЛ, так и при традиционной инвазивной ИВЛ.

7. У пациентов с онкогематологическими заболеваниями и тяжелым ПОРДС, 30 суточная выживаемость статистически значимо выше в том случае, если в качестве метода респираторной поддержки используется СВСИВЛ, чем традиционная инвазивная ИВЛ.

8. Разработанный и апробированный алгоритм принятия решения при проведении СВСИВЛ позволяет включить эту альтернативную методику респираторной поддержки в комплекс мероприятий в лечении детей с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом ПОРДС Рисунок 9.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Респираторную поддержку с применением сочетанной высокочастотной струйной ИВЛ у детей с онкогематологическими и иммунологическими заболеваниями целесообразно применять при подтвержденном тяжелом ПОРДС (OSI ≥ 12,3), при невозможности обеспечить оксигенацию (SpO_2 ≤ 86 %) традиционными методами ИВЛ.

2. Контроль параметров СВСИВЛ проводится на основании газового состава крови и клинической картины. Основной целью является обеспечение достаточной оксигенации и минимизация риска развития ВАПЛ. Необходимо добиться снижения концентрации кислорода во вдыхаемой смеси, снижение Palv и ΔP до значений ниже исходных.

3. При применении СВСИВЛ следует контролировать величину сердечного выброса, так как в первые сутки после начала респираторной поддержки он имеет тенденцию к снижению, что может потребовать увеличения дозы инотропных препаратов.

4. При проведении СВСИВЛ и традиционной ИВЛ необходимо учитывать возможность возникновения синдрома «утечки» воздуха, как наиболее частого осложнения данных методик респираторной поддержки.

5. У пациентов с онкогематологическими заболеваниями при тяжелом ПОРДС целесообразно использовать алгоритм применения СВСИВЛ при неэффективности традиционных методов ИВЛ и наличии противопоказаний к ЭКМО.

Список опубликованных работ

1. Иванашкин А.Ю., Хамин И.Г., Рыбалко А.С., Семенов И.А., Петрова У.Н., Лазарев В.В. Использование сочетанной высокочастотной струйной ИВЛ в лечении острого респираторного дистресс-синдрома у детей с онкогематологическими заболеваниями // Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2017. Т.16. №3. С. 28 – 34.
2. Иванашкин А.Ю., Лазарев В.В. Дыхательная недостаточность у детей с онкогематологическими и иммунологическими заболеваниями и методы ее коррекции // Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2020. Т. 19. №.1. С. 122 – 130.
3. Иванашкин А.Ю., Лазарев В.В., Хамин И.Г., Семенов И.А., Шелихова Л.Н., Масчан А.А. Лечение синдрома полиорганной недостаточности, вызванного грамотрицательным сепсисом, у пациента с нейтропенией после аллогенной трансплантации гемопоэтических стволовых клеток. Клинический случай // Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2020. Т. 19. №. 2. С. 170-176.
4. Иванашкин А.Ю., Новичкова Г.А., Лазарев В.В., Хамин И.Г., Цыпин Л.Е., Спиридонова Е.А., Масчан А.А. Сочетанная высокочастотная струйная искусственная вентиляция легких у детей с онкогематологическими заболеваниями и острым респираторным дистресс-синдромом // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2021. Т. 11. №4. С. 485 – 500.

Список основных сокращений и условных обозначений

АД – артериальное давление
ВАПЛ – вентилятор-ассоциированное повреждение легких
ВВГДФ – вено-венозная гемодиафильтрация
ВПО – высокопоточная оксигенация
ВЧИВЛ – высокочастотная искусственная вентиляция легких
ДН – дыхательная недостаточность
ИВЛ – искусственная вентиляция легких
иОПСС – индекс общего периферического сосудистого сопротивления
ОПН – острая почечная недостаточность
ОРДС – острый респираторный дистресс-синдром
ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии
ПЗТ – почечно-заместительная терапия
ППТ – площадь поверхности тела
СВ – сердечный выброс
СВСИВЛ – сочетанная высокочастотная струйная искусственная вентиляция легких
СИ – сердечный индекс
СПОН – синдрома полиорганной недостаточности
ССН – сердечно-сосудистая недостаточность
Т – температура тела
ТГСК – трансплантация гемопоэтических стволовых клеток
УОЛЖ – ударный объем левого желудочка сердца
УИЛЖ – ударный индекс левого желудочка
ФВЛЖ – фракция выброса левого желудочка
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация
ЭХО-КГ – эхокардиография
CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) – постоянное положительное давление в дыхательных путях
Cstat – статическая податливость легких
Creat – креатинин в крови
F – частота дыханий в нормочастотном режиме при сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких
f – частота дыханий в высокочастотном режиме при сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких
FiO_2 (Fraction of Inspired Oxygen) – фракция кислорода во вдыхаемой газовой смеси
i:e – отношение продолжительности времени вдоха к выдоху в высокочастотном режиме сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких
I:E – отношение продолжительности времени вдоха к выдоху в нормочастотном режиме сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких
Lac – лактат венозной крови
LIP (lower inflection point) – нижняя точка перегиба на статической кривой «давление-объем»
LIS (Lung Injury Score) – шкала оценки тяжести поражения легких
MAP (mean airway pressure) – среднее давление в дыхательных путях
MAP^{H+N} – среднее давление в дыхательных путях во время сочетанного цикла
MAP^{H} – среднее давление в дыхательных путях во время высокочастотного цикла
N – нормочастотный режим вентиляции, сочетанной высокочастотной искусственной вентиляции легких
OSI (oxygen saturation index) - индекс сатурации

P – давление нормочастотного режима вентиляции

p – давление высокочастотного режима вентиляции

ПОРДС – педиатрический острый респираторный дистресс-синдром

PIP (peak inspiratory pressure) – максимальное давление в дыхательных путях

PLT – тромбоциты в крови

Pplat (Plato) – давление в дыхательных путях, измеренное в момент инспираторной паузы

Palv – альвеолярное давление

PaO_2 – парциальное давление кислорода в артериальной крови

PvO_2 – парциальное давление кислорода венозной крови, измеренное в одной из полых вен

$PvCO_2$ – парциальное давление углекислого газа венозной крови, измеренное в одной из полых вен

PEEP – положительное давление в конце выдоха

ΔP («driving» pressure) – давление движения (давление «плато» в дыхательных путях минус положительное давление в конце выдоха)

SpO_2 – степень насыщения гемоглобина кислородом артериальной крови измеренное методом пульсоксиметрии

TBil – общий билирубин в крови

H – высокочастотный режим вентиляции, сочетанной высокочастотной искусственной вентиляции легких

HGB - гемоглобин в крови

NF-JET – блок управления низкочастотным режимом на аппарате сочетанной высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких

UIP (upper inflection point) – верхняя точка перегиба на статической петле «давление объем»

USCOM – Ультразвуковой монитор для измерения параметров сердечного выброса

Vt – дыхательный объем

WBC - лейкоциты в крови

ZEEP (zero end expiratory pressure) – нулевое давление в конце выдоха