

УДК 615.816.2+616-083.98-053.36+612.216.2/.3+616.24-008.44

ББК 51.1(2)4

ДЛИТЕЛЬНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ У ДЕТЕЙ С БРОНХОЛЕГОЧНОЙ ДИСПАЗИЕЙ

Миночкин П. И.^{1, 2}, Ткаченко А. С.^{1, 2}

¹ Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

² Сургутский окружной клинический центр охраны материнства и детства, Сургут, Россия

Аннотация. Проблемам длительной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) у детей первого года жизни, имеющих диагноз «бронхолегочная дисплазия» (БЛД), по данным литературы, уделено недостаточно внимания. В связи с улучшением оказания помощи на перинатальном уровне число таких детей неизменно растет, данная группа пациентов является определяющей в развитии инвалидизации и младенческой смертности. Нами были изучены 79 пациентов грудного возраста с БЛД, находящихся на длительной ИВЛ. Для проведения ИВЛ применяли режим SIMV-VC с нисходящей формой кривой потока. Выявлены параметры ИВЛ: V_t — 11 (8–13) мл/кг, PIP — 29 (25–32) смH₂O, PEEP — 8 (7–9) смH₂O, ЧД — 24 (20–30) циклов/мин, которые выходят за границы допустимых безопасных значений, но хорошо переносятся детьми данной группы. Применяемый режим проведения ИВЛ можно считать эффективным и безопасным для детей, находящихся на длительной вентиляции легких.

Ключевые слова: длительная вентиляция легких, дети, бронхолегочная дисплазия, вентиляция с целевым объемом вдоха

Контакт: Миночкин Павел Иванович: pavelmin@mail.ru

PROLONGED VENTILATION IN INFANTS WITH BRONCHOPULMONARY DYSPLASIA

Minochkin P. I.^{1, 2}, Tkachenko A. S.^{1, 2}

¹ Surgut State University, Surgut, Russia

² Surgut District Clinical Center for Maternal and Child Health, Surgut, Russia

Abstract. According to the literature, not enough attention is paid to the problems of long-term ventilation in infants with bronchopulmonary dysplasia. As perinatal care has improved, the number of such children has steadily increased, this group of patients is decisive in the development of disability and infant mortality. We studied 79 infants who retrospectively, with bronchopulmonary dysplasia on a long-term ventilation. We used SIMV-VC mode with a downward form of flow waveform. The ventilator parameters: V_t — 11 (8–13) ml/kg, PIP — 29 (25–32) cmH₂O, PEEP — 8 (7–9) cmH₂O, ventilator rate — 24 (20–30) inflation/min, that go beyond the limits of acceptable safe values, but are well tolerated by children of this group, we identified. The applied ventilator mode can be considered effective and save for children with bronchopulmonary dysplasia and are on long-term ventilation.

Keywords: prolonged ventilation, infants, bronchopulmonary dysplasia, target volume of ventilation

Contact: Pavel Minochkin: pavelmin@mail.ru

Сведения об авторах

Миночкин Павел Иванович, д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры хирургических болезней медицинского института БУ ВО «Сургутский государственный университет», 628412, Российская Федерация, Ханты-Мансийский АО, г. Сургут, пр-т Ленина, 1; врач — анестезиолог-реаниматолог РАО-3 БУ «Сургутский окружной клинический центр охраны материнства и детства», 628405, Российская Федерация, Ханты-Мансийский АО, г. Сургут, пр-т Пролетарский, 15.

SPIN-код: 1006-3834, ORCID-ID: <https://orcid.org/0000-0002-3907-2779>

Ткаченко Александр Сергеевич, аспирант кафедры хирургических болезней медицинского института БУ ВО «Сургутский государственный университет», 628412, Российская Федерация, Ханты-Мансийский АО, г. Сургут, пр-т Ленина, 1; врач — анестезиолог-реаниматолог отделения неонатальной реанимации БУ «Сургутский окружной клинический центр охраны материнства и детства», 628405, Российская Федерация, Ханты-Мансийский АО, г. Сургут, пр-т Пролетарский, 15.

ORCID-ID: <https://orcid.org/009-0001-4873-1609>

Information about authors

Pavel I. Minochkin, MD MS, professor of Surgical Diseases Department, SurGU, 1, Lenin Ave., Surgut, Khanty-Mansi AO, 628412, Russia; physician anesthesiologist-resuscitator ICU-3 BI «Surgut District Clinical Center for Maternal and Child Health», 15, Proletarsky ave., Surgut, Khanty-Mansi AO, 628405, Russia.

Alexandr S. Tkachenko, graduate student of Surgical Diseases Department, SurGU, 1, Lenin Ave., Surgut, Khanty-Mansi AO, 628412, Russia; physician anesthesiologist-resuscitator NICU BI «Surgut District Clinical Center for Maternal and Child Health», 15, Proletarsky ave., Surgut, Khanty-Mansi AO, 628405, Russia.

Для цитирования: Миночкин П. И., Ткаченко А. С. Длительная вентиляция легких у детей с бронхолегочной дисплазией. Педиатрический вестник Южного Урала 2023;(2):30–38. DOI: 10.34710/Chel.2023.52.96.005

For citation: Minochkin P. I., Tkachenko A. S. Prolonged ventilation in infants with bronchopulmonary dysplasia. Pediatric Bulletin of the South Ural 2023;(2):30–38. (In Russ.) DOI: 10.34710/Chel.2023.52.96.005

Актуальность. Большое количество исследований в последние годы посвящено профилактике легочного повреждения у новорожденных детей и снижению риска развития бронхолегочной дисплазии (БЛД) [1]. Однако проблемам длительной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) у детей грудного возраста с диагнозом БЛД уделяется мало внимания. Несмотря на значительные успехи современной неонатологии в выживании новорожденных высокого риска, особенно экстремально недоношенных детей, распространенность БЛД среди детей, находящихся на длительной ИВЛ, только растет. В определенной степени это обусловлено увеличением выживаемости среди недоношенных новорожденных детей. Данная группа детей характеризуется наличием не только респираторного дистресс-синдрома (РДС), который, как правило, является основным диагнозом, но также множества коморбидных состояний, таких как асфиксия новорожденных, сепсис, врожденная пневмония, гипоплазия легких, врожденные пороки развития различных органов и систем, тяжелое перинатальное поражение ЦНС, некротизирующий энтероколит, врожденные метаболические синдромы, полиорганная недостаточность и т. д. [2]. Все эти заболевания могут протекать с множеством осложнений, которые могут влиять на длительность

ИВЛ и развитие БЛД. Поэтому процесс отлучения от ИВЛ в данной группе больных не может быть единым для всех [3]. Попытки ранней экстубации, как правило, безуспешны, процесс отлучения от ИВЛ затягивается, выставляется диагноз БЛД. Такие пациенты задерживаются на ИВЛ на длительный период времени. В данной группе пациентов высока частота инвалидизации и летального исхода. Очевидно, что данная группа пациентов требует переоценки основных целей терапии, включающих упор на как можно более раннюю экстубацию, в пользу наиболее раннего выявления БЛД и адекватной длительной поддержки пациентов, что является крайне важным для развития легочной ткани и успешного отлучения от ИВЛ.

Цель исследования. Изучить эффективность и безопасность ИВЛ с целевым объемом вдоха и с нисходящей формой кривой потока у детей, находящихся на длительной ИВЛ с установленным диагнозом БЛД.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное исследование 79 детей, поступивших из ближайших перинатальных центров в отделение анестезиологии и реанимации (ОАР) с 2017 по 2022 г. с установленным диагнозом БЛД. Критериями включения считали следующие: любой гестационный возраст и масса тела при рождении, длительная ИВЛ с рождения (более одного месяца). Критериями

терии исключения следующие: врожденные пороки сердца, требующие хирургического вмешательства с применением кардиоплегии и гипотермии, врожденные пороки и тяжелое перинатальное поражение ЦНС, сопровождающиеся значительным неврологическим дефицитом, не позволяющим развития достаточного респираторного драйва у пациента, даже после адекватного нейрохирургического вмешательства.

После поступления в ОАР дети находились в режиме ИВЛ А/С по давлению в течение от нескольких минут до нескольких часов, так как во время транспортировки применялся режим IMV по давлению. В этот период выясняются «рабочий» объем вдоха (V_t), «рабочее» пиковое давление вдоха (PIP), «лучшее» положительное давление конца выдоха (РЕЕР). Изучается кривая «поток — объем». Подбираются параметры, оптимальные для осуществления полного выдоха. Поэтому этот период времени может варьировать индивидуально в зависимости от клинической ситуации. После этого производится переключение в режим SIMV-VC с нисходящей формой кривой потока. Таким образом, принудительная ИВЛ в этом режиме проводилась целевым объемом (V_t); целевой V_t изначально устанавливается на уровне 6–8 мл/кг (8–10 мл/кг для более старших детей с тяжелым течением заболевания); и предел пикового давления вдоха (PIP limit) в этих случаях устанавливался достаточно высоким, для того чтобы обеспечить адекватный V_t без излишних усилий [4]. Несмотря на начальные параметры, при подтверждении недостаточности респираторной поддержки прежде всего увеличивали V_t и PIP limit. Однако если ребенок реагировал развитием тахипноэ с увеличенной «ценой» дыхания, то показатели PIP и V_t иногда достигали значений 12–15 мл/кг при использовании низкой ЧД [4]. При использовании поддержки давлением (PS) на спонтанном дыхании уровень PS изначально устанавливался на значениях 10–12 см H_2O и регулировался для достижения V_t спонтанных вдохов на значениях 4–6 мл/кг и/или до исчезновения тахипноэ [4].

Начальное значение РЕЕР устанавливали на уровне 8–10 см H_2O для поддержки от-

крытыми больших и малых дыхательных путей в течение всего дыхательного цикла [4]. ЧД принудительных циклов устанавливали на уровне 20–25 вдохов в минуту со временем вдоха 0,5–0,7 с [5]. Форма кривой потока на дисплее аппарата ИВЛ должна показывать подтверждение динамического РЕЕР, недостаточность экспираторного потока подтверждается неспособностью его вернуться к значению 0 до начала следующего цикла. Если такое явление наблюдается, то время выдоха следует увеличить до тех пор, пока данная проблема не исчезнет, это может даже привести к снижению ЧД до 15 вдохов в минуту в исключительных случаях [4]. Применение кривых «поток — объем» полезно для распознавания ограничений экспираторного потока на малых объемах вдоха и предполагает необходимость повышения РЕЕР. Альтернативный метод определения оптимального уровня РЕЕР — подбор такого значения, которое приводит к лучшему динамическому комплайнсу и наиболее низкой резистентности дыхательных путей — так называемому «лучшему РЕЕР» [4].

Решение о начале процесса отлучения, как правило, принималось при достижении значительного периода стабильности, адекватных и достаточно длительных прибавок в массу тела и способности реагировать и взаимодействовать с медицинским персоналом.

Если фракция кислорода на вдохе (FI_{O_2}) длительно оставалась ниже 0,4 без эпизодов значительных десатураций и отсутствовала легочная гипертензия, это являлось показанием для начала деэскалации респираторной поддержки [4]. Обычным подходом является постепенное снижение целевого V_t , изменения проводят от одного до двух раз в неделю [4]. Реакция ребенка на изменения изучается после любого изменения параметров ИВЛ. Если отмечаются нарастание FI_{O_2} , усиление механической работы дыхательной мускулатуры, произведенные ранее изменения параметров ИВЛ следует вернуть обратно к исходным значениям, и дальнейший процесс отлучения приостанавливается. Если изменения хорошо переносятся ребенком, без значительных «отскоков», процесс отлучения постепенно продолжают, помня о хрониче-

ском характере заболевания и возможном обострении на фоне снижения респираторной поддержки, что может усугубить зависимость от ИВЛ. Медленное снижение РЕЕР может чередоваться со снижением V_t и, соответственно, PIP [4]. В настоящее время не существует консенсуса относительно параметров готовности к экстубации у младенцев с установленным диагнозом БЛД, но в общем они могут быть экстубированы на значительно более высоких параметрах PIP, V_t и РЕЕР, чем недоношенные новорожденные дети с РДС, этот подход применяется с целью сократить длительность ИВЛ [4]. О готовности к экстубации судят, проводя тестирование на способность к самостоятельному дыханию; с этой целью снижают до предельного минимума частоту синхронизированных принудительных вдохов (в режиме SIMV) и оставляют ребенка на PS в режиме спонтанного триггирования вдохов самим пациентом достаточно длительно [4].

Далее может понадобиться режим NCPAP или другой метод неинвазивной респираторной поддержки, например, высокопоточная назальная респираторная поддержка (HFNC) [4–6]. Мы используем технологию NCPAP после экстубации, выбираем значение РЕЕР

на уровне MAP до экстубации, обычно это 7–10 смH₂O, но по литературным данным даже РЕЕР на уровне 10–15 довольно эффективно и хорошо переносится подобными пациентами [4].

Статистическая обработка материала проведена с использованием лицензионного пакета прикладных программ STATISTICA-10 (Stat Soft, США). В качестве порогового уровня статистической значимости принято значение 0,05. Количественные данные представлены в формате Me (UQ–LQ) — медиана, верхний и нижний квартили (25–75-й перцентили). Для сравнения количественных данных в группе новорожденных в динамике использован метод Вилкоксона. Для сравнения качественных признаков использовался метод Фишера.

Результаты исследования и обсуждение. Клиническая характеристика изучаемой группы пациентов представлена в табл. 1. Как видно из представленной таблицы, медиана постменструального гестационного возраста изучаемой группы пациентов составила 26 недель с нижним квартилем 25 недель и верхним квартилем 28 полных недель; минимальное значение составило 23 недели гестации, максимальное — 40 недель.

Таблица 1. Клиническая характеристика изучаемой группы пациентов

Параметры	Me (LQ–UQ)	Min	Max
Гестационный возраст (недели)	26 (25–28)	23	40
Масса тела при рождении (г)	940 (692–1110)	450	1960
Постнатальный возраст (дни)	92 (63–128)	14	311
Длительность ИВЛ (дни)	92 (59–162)	30	366
Паритет беременности	3 (2–4)	1	11
Паритет родов	2 (1–2)	1	5

Медиана массы тела при рождении составила 940 грамм, нижний квартиль — 692 грамма, верхний квартиль — 1110 грамм; минимальная масса тела при рождении составила 450 грамм. Детей с экстремально низкой массой тела при рождении (ЭНМТ) оказалось 50 (64,1 %), с очень низкой массой тела при рождении (ОНМТ) — 18 (23,1 %),

с низкой массой тела при рождении (НМТ) — 10 (12,8 %).

Оценка по шкале Апгар менее 3 баллов через 5 минут после рождения отмечалась у 5 пациентов (6,4 %), все принадлежали к группе ЭНМТ, однако ни у кого не отмечалось снижения рН крови из пупочной вены ниже 7,0 сразу после рождения. Оценка

по Апгар менее 7 баллов, но выше 3 через 5 минут после рождения отмечалась у 37 пациентов (78,2%). Медиана постнатального возраста при поступлении в отделение ОАР 2-го этапа составила 92 дня с минимальным значением 14 дней, максимальным значением 311 дней.

Антенатальная стероидная профилактика РДС проводилась в 63 случаях (80,7%). Сурфактант после рождения применялся в 73 случаях (93,6%). У 13 пациентов (16,6%) на рентгенографии грудной клетки, кроме признаков тяжелой БЛД, выставлялся еще и фиброз легких. Все пациенты имели признаки синдрома Иценко — Кушинга, так как всем проводили периодически курсы стероидной терапии БЛД дексаметазоном.

Медиана длительности проведения ИВЛ составила 92 дня с минимальным значением 30 дней, максимальным — 366 дней. Высокочастотная ИВЛ в течение непродолжи-

тельного периода применялась в 3 случаях (3,8%), основным методом была традиционная ИВЛ. В одном случае была установлена трахеостома в возрасте 6 месяцев. В одном случае развился стеноз трахеи. НСРАР применялась до начала традиционной ИВЛ в 10 случаях (12,8%), после экстубации — в 25 случаях (32%). Кофеин получали 70 пациентов (89,7%), из них с рождения с целью профилактики БЛД получали кофеин 16 пациентов (20,5%).

Абдоминальные хирургические вмешательства проведены в 13 случаях, что составило 16,6%. Оперативная перевязка открытого артериального протока проведена в 7 случаях (8,9%); лазерокоагуляция сетчатки — в одном случае. По нозологической структуре (табл. 2) наиболее распространенными заболеваниями оказались РДС (98,7%) и БЛД (100%), сепсис встречался с частотой 35,9%, некротизирующий энтероколит — 12,8%.

Таблица 2. Нозологическая структура в изучаемой группе пациентов

Заболевания	Абс. числа (%)
Респираторный дистресс-синдром	77 (98,7)
БЛД	78 (100)
Сепсис	28 (35,9)
Некротизирующий энтероколит	10 (12,8)
Асфиксия тяжелой степени	8 (10,2)
Пневмония	10 (12,8)
Врожденная цитомегаловирусная инфекция	5 (6,4)
Множественные врожденные пороки развития	3 (3,8)

Из осложнений наиболее часто встречались анемия (100%), неврологические осложнения (суммарно до 78,2%), кардиопатия (20,5%), ретинопатия недоношенных (38,3%).

Значения параметров ИВЛ, достигнутые после поступления в ОАР в данной группе пациентов, представлены в табл. 3. Как видно из представленной таблицы, значения параметров ИВЛ довольно высокие, однако следует заметить, что переносились они нашими пациентами хорошо. Частота распространения такого осложнения, как пневмо-

торакс в неонатальном периоде, составила 8 случаев (10,2%), на нашем этапе терапии пневмоторакс встречался только в 2 случаях (2,6%) ($p < 0,05$, метод Фишера), что указывает на безопасность используемого метода ИВЛ. Фракция кислорода FI_{O_2} снижается на целевых параметрах сатурации (89–95%) в течение первых суток, а иногда и в течение нескольких минут до 40%. От 24 до 72 часов наблюдается автоматическая деэскалация PIP на 20% и более. Но длительность деэскалации до готовности к отлучению от ИВЛ

весьма индивидуальна. Уменьшается частота периодов десатурации и излишнего беспокойства ребенка, требующих седации и даже применения миорелаксантов. Реинтубации в неонатальном периоде отмечались в 65 случаях (83,3 %), среднее число реинтубаций составило 2 на каждого пациента, максимальное число реинтубаций составило 10 у одного пациента. Реинтубации в периоде отлучения от ИВЛ на нашем этапе оказания помощи отмечались в 16 случаях (20,5 %) ($p < 0,001$, метод Фишера) со средним числом реинтубаций 1 на одного пациента и максимальным числом реинтубаций 3 на одного пациента. Индекс асинхронии (AI)

по Vitassa рассчитывался путем подсчета отношения числа асинхронных вдохов к числу всех вдохов, в том числе неэффективных, за 30-минутное наблюдение после санации трахеальной трубки и стабилизации состояния [7]. В первый день госпитализации в отделение медиана AI составила 43 %, за сутки до экстубации этот показатель снизился до 13 % с нижним квартилем 8 % и верхним квартилем 16 % ($p < 0,05$, метод Вилкоксона). Летальность в изучаемой группе составила 6 человек (7,6 %). Априорная вероятность летального исхода в группе пациентов неэффективного отлучения от ИВЛ составляет 25 % [8].

Таблица 3. Параметры ИВЛ в изучаемой группе пациентов

Параметры ИВЛ	Me (LQ–UQ)	Min	Max
Целевой объем вдоха — Vt (мл/кг)	11 (8–13)	7	15
«Рабочее» PIP (смH ₂ O)	29 (25–32)	23	38
«Лучшее» РЕЕР (смH ₂ O)	8 (7–9)	6	10
ЧД (циклов/мин)	24 (20–30)	17	35
Индекс асинхронии — AI (%)	43 (18–55)	13	61

При проведении ИВЛ новорожденным с РДС при достижении мягких параметров ИВЛ, характерных для нормальных легких, наличии нормальных показателей газов крови и КОР, стабильной гемодинамике пациенты немедленно экстубируются при наличии в шаговой доступности аппарата для проведения НСРАР или неинвазивной вентиляции легких [3, 6]. Однако следует заметить, что в большинстве случаев на наличие пациент-вентиляторной асинхронии не обращают внимания. Использование кофеина с рождения с целью профилактики БЛД, как мы видим, применялось лишь в 20,5 %, что, вероятно, снижает частоту асинхронии, особенно такого типа, как «аутотриггирование» с пассивным раздуванием легких, что может лежать в основе ИВЛ-ассоциированного повреждения легких и, соответственно, развития БЛД. Дети с длительной ИВЛ более 7 дней обычно имеют неэффективное отлучение от ИВЛ и, как правило, нуждаются в реинтубации и возобновлении проведения ИВЛ.

Для БЛД не характерны быстрые изменения биомеханики дыхания. Изменения происходят медленно, постепенно, скорость этих изменений также индивидуальна у каждого пациента [4]. В первые 2–3 недели жизни у новорожденных детей при БЛД без ПОН, находящихся на длительной ИВЛ, значительных изменений в патофизиологии процесса и респираторной стратегии не происходит [4].

ИВЛ-зависимые новорожденные дети имеют три пути развития патологического процесса:

1) тяжелый РДС / дыхательная недостаточность (ДН) с неэффективной терапией сурфактантом, требующей жестких параметров ИВЛ, — эти состояния никогда не демонстрируют значительного улучшения, и процесс прогрессирует до тяжелой БЛД и впоследствии фиброза легких (хроническая легочная болезнь);

2) легкий — среднетяжелый РДС с начальным улучшением, иногда успешной экстубацией с последующим ухудшением

респираторного статуса, требующим реинтубации или эскалации респираторной поддержки, в конце концов с развитием хронической ИВЛ-зависимости;

3) минимальные данные, свидетельствующие в пользу ранней легочной болезни у новорожденного, с мягкими параметрами ИВЛ или исключительно неинвазивной респираторной поддержкой и низкой потребностью в кислороде с последующим постепенным ухудшением респираторного статуса с диффузным легочным затемнением на рентгенограмме и ранним образованием воздушных «ловушек» в виде своеобразных воздушных пузырей, что неизбежно ведет к интубации и ужесточению параметров ИВЛ [4].

Дети первой группы имеют риски наличия гипоплазии или врожденной пневмонии и/или легочную гипертензию [4]. Вторая группа наиболее распространенная; возможно, связана с воздействием агрессивных форм кислорода и ИВЛ-ассоциированного повреждения легких на ранних стадиях интенсивной терапии [4]. Третья группа, возможно, связана с ускорением созревания легких за счет воздействия внутриутробного стресса различного генеза с последующим влиянием ИВЛ-ассоциированного повреждения легких [4].

Следует отметить, что полная картина манифестации БЛД может не наступать до второго месяца жизни, но прогрессирующее увеличение сопротивления дыхательных путей начинается уже на первой неделе жизни, с последующим развитием неоднородной вентиляции / перфузии легких, увеличением бронхиальной секреции, ведущими к так называемым «блуждающим» ателектазам, и тенденцией к гиперинфляции легких ко 2–3-й неделе жизни [4]. Несмотря на применение пермиссивной гиперкапнии, к трем неделям жизни наблюдается необходимость увеличения объема вдоха у детей из группы ЭНМТ, находящихся на длительной ИВЛ [4].

У новорожденных детей на длительной ИВЛ отмечаются поражения как паренхимы легких, так и дыхательных путей. У большинства пациентов обструктивный компонент поражения дыхательных путей преобладает. Но клиническая картина довольно разная, и соотношение паренхиматозных поражений

и бронхиальных может отличаться у различных пациентов, так же как и различных отделов легких у одного и того же пациента. Поражаются как большие, так и малые дыхательные пути, и каждое из этих поражений ведет к различной клинической картине [4].

При поражении больших дыхательных путей отмечаются мукозные и субмукозные повреждения вследствие длительной интубации, результатом которых является подсвязочный стеноз трахеи, локальная обструкция вследствие гранулемы дыхательных путей или дисфункция голосовых связок. Общая причина обструкции больших дыхательных путей — это трахеобронхомаляция, которая, вероятно, является следствием длительного циклического растяжения незрелых структур дыхательных путей. Трахеобронхомаляция может приводить к динамической обструкции на выдохе, проявляясь экспираторным стридором и аномальной кривой «поток — объем» на мониторе аппарата ИВЛ или инспираторным стридором, обусловленным коллабированием экстраторакальной трахеи у детей на спонтанном дыхании. Обструкция малых дыхательных путей развивается в результате комбинирования отека слизистой оболочки, гипертрофии гладкой мышечной ткани и гиперсекреции и бронхоспазма различной степени тяжести, в большинстве случаев без эффекта в ответ на бронхолитики [4]. Выраженная гетерогенность легочной паренхимы и вовлечение дыхательных путей является причиной значительной региональной вариативности константы времени в легких, что приводит к мультикомпарментной патофизиологии процесса, затрудняя проведение оптимальной ИВЛ у таких пациентов. Участки легких с низким сопротивлением дыхательных путей относят к «быстрому» компартменту, эти участки относительно быстро наполняются воздухом и так же относительно быстро освобождаются от него. Участки легких с высоким сопротивлением дыхательных путей относят к «медленному» компартменту, для них характерно медленное раздувание терминальных респираторных единиц и еще более медленное их сдувание [4].

Проведение ИВЛ с относительно высокой частотой дыхательных циклов, с коротким временем вдоха и выдоха, как при РДС,

преимущественно приводит к направлению газа в «быстрые» компартменты легких, что ведет к увеличению мертвого пространства вентиляции, снижению вентиляционно/перфузионных соотношений и повреждению относительно здоровых участков легких от перерастяжения тканей. Кроме того, подобная вентиляция ограничивает объем газа, поступающего в «медленные» компартменты, имеющие увеличенную константу времени выдоха, и, вероятно, этот газ «запирается» в этих участках легких, формируя воздушные «ловушки» за счет коллапса малых дыхательных путей на низких дыхательных объемах. Выведение воздуха из мультикомпарментных легких почти полностью зависит от опустошения «медленных» компартментов, которые значительно повреждаются при неадекватной константе времени, ведущей к формированию воздушных «ловушек». Следовательно, значительное снижение ЧД и увеличение времени вдоха и выдоха является необходимым и существенным для оптимизации ИВЛ у младенцев, находящихся на длительной вентиляции легких по перинатальным причинам [4].

Второе важное отличие ИВЛ при длительной вентиляции от обычного РДС у новорожденных детей — это необходимость использования значительно более высокого V_t . Это обусловлено увеличенным альвеолярным мертвым пространством вследствие неоднородного раздувания легких и формирования воздушных «ловушек», увеличенным анатомическим мертвым пространством, вызванным «приобретенной трахеобронхомегалией», необходимостью поддержания минутной вентиляции (МВ) на уровне 250–300 мл/кг в минуту замедленной ЧД [4]. Так, при ЧД 20 в минуту V_t должен быть равен 12,5–15 мл/кг ($12,5\text{–}15\text{ мл/кг} \times 20\text{ вдохов/мин} = 250\text{–}300\text{ мл/кг}$), хотя в доступной литературе такие объемы считаются критически большими и опасными, угрожающими развитию волюмотравмы легких у детей [8]. Актуальная МВ, необходимая для поддержания адекватного удаления CO_2 , индивидуальна у каждого пациента и зависит от физиологически мертвого пространства (сумма альвеолярного и анатомического мертвого пространства), количества альвеолярных

поражений, приводящих к уменьшению площади поверхности газообмена, уровня пермиссивной гиперкапнии, которая облегчает удаление CO_2 путем увеличения градиента диффузии для этого газа, и уровня силы спонтанного вдоха пациента, способствующего увеличению общей МВ [4].

Третье основное отличие ИВЛ при длительной вентиляции от РДС у новорожденных детей — это необходимость использования значительно более высоких значений положительного давления на выдохе (РЕЕР) [4]. Малые дыхательные пути при малом объеме вдоха легко коллапсируют на выдохе, что приводит к ограничению выдоха, вероятно, в результате дефицита упруго-эластических свойств незрелой соединительной ткани в данной группе пациентов. Большие дыхательные пути коллапсируют в результате трахеобронхомаляции, что приводит к схожему ограничению потока газа и сходным образом реагирует на применение высокого РЕЕР. Использование высокого РЕЕР при развитии воздушных «ловушек» может показаться парадоксальным, так как существуют рекомендации не использовать высокое РЕЕР при обструктивных поражениях легких с целью профилактики воздушных «ловушек». Но на практике такая стратегия (высокое РЕЕР) работает очень эффективно, поддерживая дыхательные пути открытыми на выдохе, обеспечивая максимально полный выход газа, особенно в «медленных» компартментах легких [4].

Режимом выбора вентиляции при традиционной ИВЛ у младенцев с повышенным сопротивлением в дыхательных путях и необходимостью применения низкой ЧД является режим SIMV [4]. Спонтанное дыхание младенца на PS направлено на вентиляцию «быстрых» компартментов с относительно высокой ЧД и низким V_t , тогда как низкая ЧД принудительных вдохов с высоким V_t в основном направлена на вентиляцию «медленных» компартментов [5]. При этом следует предупреждать генерирование слишком высокой ЧД на PS, так как это может привести к обратному эффекту — образованию воздушных «ловушек».

При достижении высоких значений V_t значения PIP также достигают заpredель-

ных. Однако оба этих параметра (PIP и Vt) на высоких значениях хорошо переносятся грудными детьми с установленным диагнозом хронической легочной болезни, например, БЛД тяжелой степени, что согласуется с нашими наблюдениями.

Выводы:

1. Высокие значения таких параметров, как Vt, PIP, РЕЕР, и значительно низкая ЧД принудительных вдохов хорошо переносятся и достаточно безопасны при ИВЛ с целевым объемом вдоха с нисходящей формой кривой потока в режиме SIMV при длительной ИВЛ у детей с тяжелой БЛД, о чем свидетельствуют низкая частота пневмотораксов по сравнению с неонатальным этапом и низкий уровень летальности, гораздо ниже

априорной вероятности летального исхода при патологии, связанной с неэффективным отлучением от ИВЛ, а также снижение частоты применения седации и миорелаксации для синхронизации с аппаратом ИВЛ и одновременно значительное снижение индекса асинхронии.

2. Учитывая короткий период времени автоматической деэскалации PIP на 20 % и более, а также быстрое снижение FIO₂ до 40 % и менее, значительно более низкую частоту распространения реинтубаций по сравнению с неонатальным периодом, можно заключить, что применение данного метода ИВЛ в режиме SIMV представляет собой эффективную стратегию при длительной ИВЛ у детей грудного возраста, имеющих БЛД.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы [Bibliography]

1. Александрович Ю. С., Пшениснов К. В. Респираторная поддержка при критических состояниях в педиатрии и неонатологии. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 272 с.

[Alexandrovich U. S., Pshenishnov K. V. Respiratory support for severe conditions in pediatrics and neonatology. Moscow: GEOTAR-Media, 2020. 272 p. (In Russ.)]

2. Серебрякова Е. Н., Волосников Д. К. Прогнозирование бронхолегочной дисплазии у новорожденных с синдромом полиорганной недостаточности. Врач 2015;(9):32–34.

[Serebriakova E. N., Volosnikov D. K. Predicting of bronchopulmonary dysplasia in infants with multiple organ failure syndrome. Vrach (The Doctor) 2015;(9):32–34. (In Russ.)]

3. Boles J. M., Bion J., Connors A., Herdridge M. et al. Weaning from mechanical ventilation. Eur Respir J 2007;29(5):1033–1056. DOI: 10.1183/09031936.00010206

4. Keszler M., McKinney R. Ventilation strategies in bronchopulmonary dysplasia: Where We are and Where We should be going? In: Updates on Ne-

onatal Chronic Lung Disease. Elsevier, 2020:257–267. DOI: 10.1016/B978-0-323-68353-1.00017-8

5. Keszler M. Volume-targeted ventilation: one size does not fit all. Evidence-based recommendations for successful use. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2019;104(1):F108–F112. DOI: 10.1136/archdischild-2017-314734

6. Sweet D. G., Carnielli V., Greisen G., Hallman M. et al. European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome — 2019 Update. Neonatology 2019;115(4):432–450. DOI: 10.1159/000499361

7. Thille A. W., Rodriguez P., Cabello B., Lelouche F., Brochard L. Patient-ventilator asynchrony during assisted mechanical ventilation. Intensive Care Med 2006;32(10):1515–1522. DOI: 10.1007/s00134-006-0301-8

8. Александрович Ю. С., Пшениснов К. В., Гордеев В. И. Анестезия в педиатрии. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2013. 160 с.

[Alexandrovich U. S., Pshenishnov K. V., Gordееv V. I. Anesthesia in pediatrics. St. Petersburg: ELBI-SPb, 2013. 160 p. (In Russ.)]