

УДК 616.24-002-018-093-053.2-036.2+616.24-008.63+612.216.2/3+615.816.2
DOI: 10.56871/RBR.2022.86.43.013

КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ОТЛУЧЕНИЯ ОТ ИНВАЗИВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ У ГЛУБОКО НЕДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ

© Олег Эдуардович Миткинов¹, Абида Ашагнимаевич Дашибалов²

¹ Бурятский государственный университет, медицинский институт. 670002, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Октябрьская, д. 36а

² Республиканский перинатальный центр. 670047, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пирогова, д. 15б

Контактная информация: Олег Эдуардович Миткинов — д.м.н., доцент кафедры госпитальной хирургии. E-mail: moe.68@mail.ru

Поступила: 15.07.2022

Одобрена: 23.09.2022

Принята к печати: 18.11.2022

Резюме. Пролонгированная искусственная вентиляция легких связана с повышением риска развития бронхолегочной дисплазии и неблагоприятных неонатальных исходов. Ранняя экстубация является желаемым вариантом терапии, но опасна преждевременная и неподготовленная экстубация. Исследованы случаи экстубации у 146 новорожденных с гестационным возрастом менее 27 недель (57 детей) и 27–31 неделя (89 детей). Применены критерии готовности к экстубации и методы неинвазивной вентиляции с перемежающимся положительным давлением и высокочастотной осцилляторной вентиляции. Частота вынужденной реинтубации в течение 5 суток после экстубации составила 21–22%.

Ключевые слова: респираторный дистресс-синдром; искусственная вентиляция легких; экстубация.

CLINICAL APPLICATION OF THE PRINCIPLES OF WEANING FROM INVASIVE VENTILATION IN VERY PRETERM INFANTS

© Oleg E. Mitkinov¹, Abida A. Dashibalov²

¹ Buryat State University, Medical Institute. 670002, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Oktyabrskaya str., 32a

² Republican perinatal center, anesthesiologist. 670047, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Pirogova str., 15b

Contact information: Oleg E. Mitkinov — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Hospital Surgery. E-mail: moe.68@mail.ru

Received: 15.07.2022

Revised: 23.09.2022

Accepted: 18.11.2022

Abstract. Mechanical ventilation in newborns increases the risk of bronchopulmonary dysplasia and poor neonatal outcomes. Early extubation is a desirable treatment option, but premature and unprepared extubation is dangerous. Extubation was performed in 146 newborns with a gestational age of less than 27 weeks (57 children) and 27–31 weeks (89 children). Extubation readiness criteria and non-invasive intermittent positive pressure ventilation and high-frequency oscillatory ventilation were applied. The frequency of forced reintubation within 5 days after extubation is at the level of 21–22%.

Key words: respiratory distress syndrome; mechanical ventilation; extubation.

ВВЕДЕНИЕ

Респираторная поддержка является основой лечения дыхательной недостаточности у новорожденных при респираторном дистресс-синдроме (РДС) и развивается в тесной связи с антенатальными технологиями профилактики РДС, методами первичной реанимации и физиологическими принципами выхаживания новорожденных детей. Эволюция тех-

нологии респираторной поддержки демонстрирует ее влияние на неонатальные исходы.

При выборе метода респираторной терапии в настоящее время абсолютное предпочтение отдается неинвазивным способам вентиляции, технологическое развитие которых привело к созданию целого направления в респираторной медицине. Однако даже в современную эпоху неинвазивной респираторной поддержки традиционная искусственная венти-

ляция легких (ИВЛ) является часто используемым методом. У глубоко недоношенных новорожденных для поддержания адекватной оксигенации и вентиляции часто требуется проведение ИВЛ инвазивным способом. Помимо традиционной ИВЛ часто применяется высокочастотная осцилляторная вентиляция (ВЧО ИВЛ). Незрелость легких, слабость дыхательной мускулатуры, чрезмерная податливость грудной клетки, а также дефицит сурфактанта способствуют зависимости от ИВЛ в течение первых дней и недель после рождения. Длительная ИВЛ связана с высокой смертностью и заболеваемостью, в том числе связанной с ИВЛ-ассоциированной пневмонией, пневмотораксом и бронхолегочной дисплазией [3, 16].

Именно поэтому желательно как можно скорее отлучить детей от ИВЛ. Но не менее важно избежать преждевременной и/или неподготовленной экстубации, поскольку это может привести к нарастанию дыхательной недостаточности, к острому ухудшению состояния и необходимости повторной интубации, что катастрофически может сказаться на неонатальном исходе [2, 9, 18]. «Неудачная» экстубация связана с развитием бронхолегочной дисплазии, тяжелой рентиопатии и смертельным исходом [4, 12]. При этом основными предикторами «неудачной» экстубации являются низкий гестационный возраст, высокое парциальное давление углекислого газа в крови и высокое среднее давление при проведении ИВЛ [5, 14].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В проспективное исследование было включено 146 новорожденных, находящихся на инвазивной ИВЛ. В исследование не включали: детей с врожденными пороками развития и эндокринными расстройствами; детей с тяжелыми инфекционными заболеваниями (врожденная пневмония, менингоэнцефалит) с подтвержденной манифестацией в первые 72 часа жизни.

В группу 1 вошли 57 новорожденных с гестационным возрастом менее 27+6 недель (медиана гестационного возраста 25 недель, 25–75 перцентиль 24–26 недель; медиана показателя массы тела при рождении 782 г, 25–75 перцентиль 652–880 г).

В группу 2 вошли 89 новорожденных с гестационным возрастом менее 31+6 недель (медиана гестационного возраста 29 недель, 25–75 перцентиль 28–31 недель; медиана показателя массы тела при рождении 1114 г, 25–75 перцентиль 1043–1228 г).

Основные принципы традиционной ИВЛ (аппарат Leoni+) [21]:

- применяется режим Assist Control с целевым дыхательным объемом 4–5 мл/кг;
- параметр FiO_2 корректируется под контролем SpO_2 (целевой показатель 91–95%), если требуется более 40%, рассматривается перевод на ВЧО;
- стартовое значение P_{EEP} — 5 см вод.ст., при низкой сатурации увеличивается до 6 см вод.ст., но не более;

- стартовое значение P_{IP} — 15 см вод.ст. при гарантированном объеме 4–5 мл/кг, увеличивается при PCO_2 больше 54 мм рт.ст., при снижении сатурации с применением FiO_2 0,4 и P_{EEP} 6 см вод.ст., максимальное значение 18 см вод.ст, устанавливается предел объема 6 мл/кг;
- время вдоха — стартовое равно гестационному возрасту и настраивается по кривой потока [7];
- стартовая частота дыхания — 60 в минуту, изменяется согласно динамике PCO_2 .

Основные принципы высокочастотной осцилляторной вентиляции (аппарат Leoni+) [21]:

- параметр FiO_2 стартовый — 40%, корректируется под контролем SpO_2 (целевой показатель 91–95%);
- параметр PAW стартовый — 10 см вод.ст., корректируется под контролем SpO_2 и рентгенографии (избегать перерастяжения легких);
- соотношение вдох/выдох 33:66;
- амплитуда соответствует гестационному возрасту, изменения под контролем PCO_2 ;
- желательная частота осцилляций 14–15 Гц, снижение по уровню PCO_2 , желателен респираторный мониторинг экстракции CO_2 (DCO_2).

Медикаментозная подготовка к отлучению [19]:

- кофеин бензоат натрия 20 мг/кг в сутки нагрузочная доза, далее 10 мг/кг однократно в сутки;
- при длительной ИВЛ (более 7 суток) — дексаметазон 0,2 мг/кг в сутки в течение 7 суток.

Определение готовности к экстубации [12]:

- парциальное давление углекислого газа (PCO_2) менее 50 мм рт.ст.;
 - уровень pH выше, чем 7,3;
 - SpO_2 не ниже 88% при использовании FiO_2 не более 35%;
 - среднее давление в дыхательных путях (MAP) менее 8 см вод.ст.;
 - частота дыхания менее или равна 20 вдохам в минуту;
 - при использовании высокочастотной вентиляции амплитуда менее чем в два раза выше среднего давления в дыхательных путях;
 - гемодинамическая стабильность и отсутствие клинически значимого открытого артериального протока.
- Экстубация должна была быть предпринята при соблюдении данных критериев в течение 24 часов.

Метод неинвазивной вентиляции после экстубации:

- в группе 1 — неинвазивная вентиляция с перемежающимся положительным давлением nIPPV (аппарат Leoni+) или высокочастотная осцилляторная неинвазивная вентиляция nHFV (аппарат Leoni+);
- в группе 2 — неинвазивная вентиляция nIPPV (аппарат Leoni+) или режим BiphasicPAP (аппарат Infant Flow).

Статистическая обработка данных

Учитывая, что распределение данных по изучаемым признакам отличалось от нормального, применялись непара-

метрические методы. Описание количественных признаков представлено в виде медиан с 25-м и 75-м процентилем, т.е. первым и третьим квартилем. Качественные данные представлены в виде частот. Для парного сравнения количественных признаков в независимых группах применяли критерий Манна–Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Группа 1 (табл. 1)

Из новорожденных с экстремально низким гестационным возрастом 40 детей (70,2%) находились на ВЧО ИВЛ. Из них 20 детей были последовательно переведены на традиционную ИВЛ с последующей экстубацией на nIPPV. У 8 детей была предпринята попытка экстубации непосредственно с ВЧО ИВЛ на неинвазивную вентиляцию (nHFV) с последующим переводом на nIPPV. Умерло 12 детей (21%).

17 детей получали традиционную ИВЛ, при этом гестационный возраст и масса тела при рождении у них были выше, чем у пациентов на высокочастотной вентиляции ($p < 0,05$). Все дети были экстубированы.

Продолжительность ВЧО ИВЛ у детей, последовательно переведенных на традиционную вентиляцию, а затем экстубированных, была на 28% больше, чем у детей, экстубированных непосредственно с ВЧО ИВЛ ($p=0,12$). При сравнении общей продолжительности инвазивной вентиляции различие

увеличилось до 67%, но оставалось статистически незначимым ($p=0,07$). Не отмечено также значимого различия в продолжительности вентиляции при градации ВЧО/традиционная ИВЛ, хотя последняя применялась у детей более крупных и с большим гестационным возрастом.

Общая частота вынужденной реинтубации в течение 5 суток в группе 1 составила 21% (12 пациентов). Наибольшей она была у детей, последовательно переведенных на традиционную вентиляцию, а затем экстубированных (35%, 7 пациентов), далее — у детей, экстубированных непосредственно с ВЧО ИВЛ (25%, 2 пациента), и, наконец, у детей, находившихся на традиционной ИВЛ (18%, 3 ребенка).

Группа 2 (табл. 2)

У 44 новорожденных данной группы в качестве метода респираторной поддержки применена ВЧО ИВЛ (49%). Из них 28 детей были последовательно переведены на традиционную ИВЛ с последующей экстубацией на nIPPV. У 16 детей была предпринята попытка экстубации непосредственно с ВЧО ИВЛ на неинвазивную вентиляцию (nHFV) с последующим переводом на nIPPV. Все дети были экстубированы на nIPPV.

45 детей получали традиционную ИВЛ, при этом гестационный возраст и масса тела при рождении у них не были существенно выше, чем у пациентов на высокочастотной вентиляции ($p=0,27$). Все дети были экстубированы с применением двух методик — nIPPV и Biphasic.

Таблица 1

Показатели респираторной поддержки у детей в группе 1

ВЧО ИВЛ — 40 детей Гестационный возраст Me=25 недель, квартили — 23 и 26 недель Масса тела при рождении Me=720 г, 25–75% — 638 и 790 г			Традиционная ИВЛ — 17 детей Гестационный возраст Me=26 недель, квартили — 25 и 27 недель Масса тела при рождении Me=833 г, 25–75% — 715 и 874 г	
Переведены на ИВЛ 20 детей	Экстубированы на nHFV 8 детей	Умерло 12 детей	Экстубированы на nIPPV 17 детей	Умерло 0
Экстубированы на nIPPV 20 детей				
Продолжительность ВЧО ИВЛ ч (Me, квартили)			Продолжительность ИВЛ	
112 (89–167) ч	81 (66–101) ч	–	137 (114–176) ч	
Различие на 28%, p=0,12		–	–	
Общая продолжительность инвазивной вентиляции (Me, квартили)				
162 (127–211) ч		–	137 (114–176) ч	
248 (142–310) ч	81 (66–101) ч	–		
Различие на 67%, p=0,07			–	
Различие на 15%, p=0,22				
Реинтубация в течение 5 суток				
7 (35%)	2 (25%)		3 (18%)	
9 (32%) p=0,09				
12 (21%), p=0,05				

Таблица 2

Показатели респираторной поддержки у детей в группе 2

ВЧО ИВЛ — 44 ребенка Гестационный возраст Me=28 недель, квартили — 27 и 30 недель Масса тела при рождении Me=1064 г, 25–75% — 990 и 1129 г		Традиционная ИВЛ — 45 детей Гестационный возраст Me=29 недель, квартили — 28 и 31 неделя Масса тела при рождении Me=1158 г, 25–75% — 1022 и 1237 г	
Переведены на ИВЛ 28 детей	Экстубированы на nHFV 16 детей	Экстубированы на nIPPV 33 ребенка	Экстубированы на Biphasic 12 детей
Экстубированы на nIPPV 28 детей			
Продолжительность ВЧО ИВЛ		Продолжительность ИВЛ	
27 (24–32) ч	39 (28–56) ч	82 (65–99) ч	
Различие на 30%, p=0,1			
Общая продолжительность инвазивной вентиляции			
47 (33–58) ч		52 (38–70) ч	
54 (39–61) ч	39 (28–56) ч		
Различие на 28%, p=0,11			
Различие на 10%, p=0,4			
Реинтубация в течение 5 суток			
9 (32%)	4 (25%)	7 (21%)	0
13 (30%), p = 0,1		7 (16%), p < 0,05	
20 (22%), p=0,07			

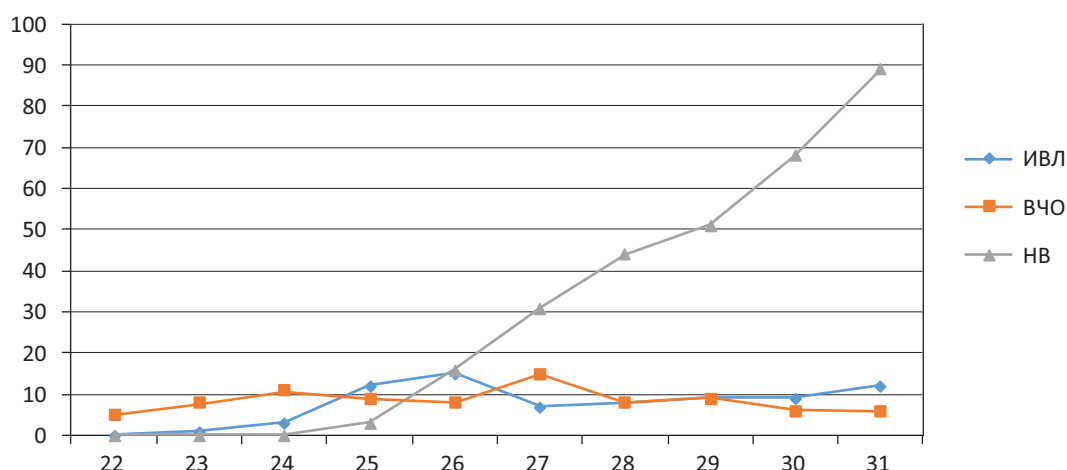


Рис. 1. Частота использования методов стартовой респираторной поддержки в ОРИТ ГАУЗ РПЦ МЗ РБ в 2019–2021 гг.

Продолжительность ВЧО ИВЛ у детей, последовательно переведенных на традиционную вентиляцию, а затем экстубированных, была на 30% меньше, чем у детей, экстубированных непосредственно с ВЧО ИВЛ ($p=0,1$). При сравнении общей продолжительности инвазивной вентиляции, наоборот, у пациентов, экстубированных непосредственно с ВЧО ИВЛ, она была меньше на 28%, но также статистически незначимо ($p=0,11$). Продолжительность инвазивной ИВЛ у новорожденных на традиционной вентиляции была незначительно больше (на 10%, $p=0,4$).

Общая частота вынужденной реинтубации в течение 5 суток в группе 2 составила 22% (20 пациентов). Наибольшей она была у детей, последовательно переведенных на традиционную вентиляцию, а затем экстубированных (32%, 9 пациентов), далее — у детей, экстубированных непосредственно с ВЧО ИВЛ (25%, 4 пациента), и, наконец, у детей, находившихся на традиционной ИВЛ (16%, 7 детей).

При проведении после экстубации неинвазивной вентиляции в режиме Biphase не отмечено ни одного случая реинтубации.

На рисунке 1 представлена частота использования методов респираторной поддержки в ОПИТ Республиканского перинатального центра в 2019–2021 гг. У детей, родившихся на сроке гестации до 26 недель, наиболее частым методом является ВЧО ИВЛ, начиная с возраста 26 недель преобладает неинвазивная вентиляция. Всего детей 463, из них на традиционной ИВЛ 76 детей, ВЧО ИВЛ — 85 детей, на неинвазивной вентиляции — 302 ребенка.

Выживаемость у детей с экстремально низким гестационным возрастом составила 79%, у детей в группе 2 летальных исходов не отмечено.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Подготовка к экстубации должна начинаться сразу с начала применения ИВЛ. Цель респираторной поддержки — обеспечить приемлемый газовый состав крови, избегая повреждения легких, а основной принцип — оптимизация распределения объема в легких для предотвращения ателектаза и чрезмерного расширения. При использовании традиционной ИВЛ применяется вентиляция с целевым объемом [6, 8], а для поддержания «открытых» легких — оптимальный уровень давления в конце выдоха. Альтернативным методом является высокочастотная вентиляция, которая в последнее десятилетие активно используется в качестве метода стартовой респираторной поддержки у глубоко недоношенных детей [11]. Кроме того, для сокращения продолжительности механической вентиляции предлагаются стратегии пермиссивной гиперкапнии, терапии кофеином, постнатальная стероидная терапия и недопущение чрезмерного использования седативных средств [10, 15, 17].

Согласно метаанализу Cochrane [20], основными клиническими проблемами при отлучении от механической вентиляции глубоко недоношенных детей являются:

- решение об экстубации принимается на основании клинической оценки, опыта врача и интерпретации клинической стабильности пациента; данная субъективная оценка приводит к практике реинтубации, процентные данные которой значительно варьируют;
- используемые предикторы возможности экстубации имеют высокую чувствительность, но низкую специфичность, т.е. отлично подкрепляют намерение врача экстубировать, но плохо помогают в прогнозировании необходимости реинтубации;
- наибольшую эффективность показывают тесты временного отключения от вентиляции (spontaneous breathing trials), подобные тесты хорошо изучены и внедрены в клиническую практику у взрослых и детей; на практике тест может проводиться при сестринских манипуляциях (взвешивание и др.), в идеале мог бы точно предсказать способность младенца перенести экстубацию.

Частота вынужденной реинтубации в данном исследовании у детей с массой тела при рождении менее 1250 г составила 47%.

В исследовании SUPPORT [12] определены приведенные выше критерии для экстубации, при этом неэффективность экстубации была связана с пятикратным увеличением смертности, трехкратным увеличением частоты формирования бронхолегочной дисплазии (БЛД), более чем двукратным увеличением частоты тяжелых внутричерепных кровоизлияний и увеличением частоты развития сепсиса. Выжившие новорожденные из группы «неудачной» экстубации имели более длительное пребывание в больнице, большее количество дней на ИВЛ и более длительную потребность в оксигенотерапии.

В работах отечественных авторов [1, 3] изучено влияние показателей биомеханики легких на успешность экстубации. Продемонстрировано, что увеличение комплаенса легких до 1,1 мл/см H_2O и более на фоне нормализации показателей аэродинамического сопротивления дыхательных путей свидетельствовало о высокой вероятности успешной экстубации. Чем меньше комплаенс дыхательной системы, тем тяжелее нарушения газообмена и оксигенации, что требует использования «жестких» параметров искусственной вентиляции легких для достижения оптимальных показателей газового состава крови. В то же время увеличение комплаенса дыхательной системы свидетельствует об улучшении функционального состояния легких и готовности пациента к самостоятельному дыханию.

На современном этапе достаточно широко используется неинвазивная высокочастотная вентиляция, но четких доказательств ее клинических преимуществ перед другими методами неинвазивной вентиляции не существует [13]. В представленном исследовании экстубация детей с экстремально низким гестационным возрастом проводилась двумя способами: с последовательным использованием традиционной ИВЛ и непосредственно с использованием высокочастотной неинвазивной вентиляции. Значимых отличий в продолжительности вентиляции и частоте реинтубаций не выявлено, но они были меньше при использовании nHFV, что позволяет предположить достаточную эффективность данного способа экстубации.

При отлучении от ИВЛ детей с большим гестационным возрастом также не отмечено значимых различий, но и здесь общая продолжительность инвазивной вентиляции и частота реинтубаций были больше у детей с последовательным применением традиционной ИВЛ.

Частота реинтубаций в обеих группах была одинаковой, несмотря на явные различия в гестационном возрасте и массе тела при рождении.

ВЫВОДЫ

1. Предложенные принципы подготовки и критерии готовности к экстубации клинически оправданы и могут применяться на практике с вероятной частотой реинтубации 21–22%.

2. При отлучении детей от высокочастотной осцилляционной вентиляции эффективным методом является экстубация

с непосредственным переводом на неинвазивную высокочастотную вентиляцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрович Ю.С., Блинов С.А., Пшениснов К.В. Особенности биомеханических свойств легких в зависимости от клинико-лабораторного статуса новорожденных в критическом состоянии. *Педиатрия*. 2014; 5(1): 18–25.
2. Александрович Ю.С., Дальжинова С.Б., Пшениснов К.В., Александрович И.В. Эффективность различных режимов неинвазивной вентиляции у новорожденных в родильном зале в зависимости от срока гестации. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2020; 17(6): 22–30.
3. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Респираторная поддержка при критических состояниях в педиатрии и неонатологии. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2020.
4. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В., Хиенас В. и др. Инвазивная искусственная вентиляция легких у недоношенных новорожденных в родильном зале: всегда ли она оправдана? *Анестезиология и реаниматология. Медиа Сфера*. 2018; 5: 44–52.
5. Блинов С.А., Кушнерик Л.А., Пшениснов К.В. Оценка готовности к экстубации новорожденных, нуждающихся в респираторной поддержке. *Эфферентная терапия*. 2014; 20(1): 52–3.
6. Зиганшин И.М., Баялиева А.Ж., Бабинцева А.А., Шаймарданова Г.Р. Эффективность искусственной вентиляции легких с гарантированным объемом у новорожденных. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2020; 2: 165–72.
7. Ионов О.В., Антонов А.Г., Борисевич О.А. и др. Современная респираторная терапия у недоношенных новорожденных в критическом состоянии. *Педиатрия*. 2011; 1: 18–22.
8. Ионов О.В., Байбарина Е.Н., Моисеева Т.С. Сравнение двух подходов к экстубации новорожденных с респираторным дистресс-синдромом и врожденной пневмонией. *Неонатология*. 2016; 1: 97–103.
9. Линхоева С.Б., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. и др. Выбор режима неинвазивной респираторной поддержки у недоношенных новорожденных в родильном зале. *Анестезиология и реаниматология. Медиа Сфера*. 2020; 2: 65–71.
10. Миткинов О.Э., Дашибалов А.А., Линхоева С.Б., Бутаков А.Ю. Вопросы медикаментозной подготовки к отлучению от искусственной вентиляции легких недоношенных новорожденных. *Забайкальский медицинский вестник*. 2020; 1: 104–10.
11. Ackermann B.W., Klotz D., Hentschel R. et al. High-frequency ventilation in preterm infants and neonates. Springer Nature. *Pediatric Research*. 2022.
12. Chawla S., Natarajan G., Shankaran S. et al. Markers of Successful Extubation in Extremely Preterm Infants, and Morbidity After Failed Extubation. *J Pediatr*. 2017; 189: 113–9.
13. De Luca D., Dell'Orto V. Non-invasive high-frequency oscillatory ventilation in neonates: review of physiology, biology and clinical data. *Arch. Dis. Child Fetal Neonatal Ed*. 2016; 101: 565–70.
14. Kidman A.M., Manley B.J., Boland R.A. et al. Predictors and outcomes of extubation failure in extremely preterm infants. *Journal of paediatrics and child health*. 2021; 57(6): 913–9.
15. Kumar V.H.S., Lipshultz S.E. Caffeine and Clinical Outcomes in Premature Neonates. *Children*. 2019; 6(11): 118.
16. Manley B.J., Doyle L.W., Owen L.S., Davis P.G. Extubating extremely preterm infants: predictors of success and outcomes following failure. *The Journal of Pediatrics*. 2016; 173: 45–9.
17. Mu T.S. Permissive hypercapnia practices among neonatologists in the United States: Results of a national survey. *Journal of Neonatal-Perinatal Medicine*. 2011; 4(2): 111–7.
18. Sant Anna G.M., Keszler M. Weaning Infants from Mechanical Ventilation. *Clinics in Perinatology*. 2012; 39(3): 543–62.
19. Schmidt B., Anderson P., Doyle L. et al. The caffeine for apnea of prematurity (CAP) trial: preliminary outcomes at 5 years. *Pediatric Research*. 2011; 70(55): 24.
20. Shalish W., Latremouille S., Papenburg J. et al. Predictors of extubation readiness in preterm infants: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Disease in Childhood — Fetal and Neonatal Edition*. 2019; 104: F89–F97.
21. Sweet D.G., Carnielli V., Greisen G. et al. European consensus guidelines on the management of respiratory distress syndrome 2019 update. *Neonatology*. 2019; 115(4): 432–50.

REFERENCES

1. Aleksandrovich Yu.S., Blinov S.A., Pshenisnov K.V. Osobennosti biomekhanicheskikh svoystv legkikh v zavisimosti ot kliniko-laboratornogo statusa novorozhdennykh v kriticheskom sostoyanii [Features of the biomechanical properties of the lungs depending on the clinical and laboratory status of newborns in critical condition]. *Pediatrya*. 2014; 5(1): 18–25. (in Russian).
2. Aleksandrovich Yu.S., Dal'zhinova S.B., Pshenisnov K.V., Aleksandrovich I.V. Effektivnost' razlichnykh rezhimov neinvazivnoy ventilyatsii u novorozhdennykh v rodil'nom zale v zavisimosti ot sroka gestatsii [Efficacy of different modes of non-invasive ventilation in newborns in the delivery room depending on gestational age]. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*. 2020; 17(6): 22–30. (in Russian).
3. Aleksandrovich Yu.S., Pshenisnov K.V. Respiratornaya podderzhka pri kriticheskikh sostoyaniyakh v pediatrii i neonatologii [Respiratory support in critical conditions in pediatrics and neonatology]. Moskva: GEOTAR-Media Publ.; 2020. (in Russian).
4. Aleksandrovich Yu.S., Pshenisnov K.V., Khiyenas V. i dr. Invazivnaya iskusstvennaya ventilyatsiya legkikh u nedonoshennykh novorozhdennykh v rodil'nom zale: vsegda li ona opravdana? [Invasive mechanical ventilation in preterm infants in the delivery room: is it always justified?] *Anesteziologiya i reanimatologiya. Media Sfera Publ*. 2018; 5: 44–52. (in Russian).
5. Blinov S.A., Kushnerik L.A., Pshenisnov K.V. Otsenka gotovnosti k ekstubatsii novorozhdennykh, nuzhdayushchikhsya v respiratornoy podderzhke [Assessment of readiness for extubation of newborns in need of respiratory support]. *Efferentnaya terapiya*. 2014; 20(1): 52–3. (in Russian).
6. Ziganshin I.M., Bayaliyeva A.Zh., Babintseva A.A., Shaymarданова G.R. Effektivnost' iskusstvennoy ventilyatsii legkikh s garantirovannym ob'yemom u novorozhdennykh [The effectiveness

- of mechanical ventilation with guaranteed volume in newborns]. *Rossiyskiy vestnik detskoj khirurgii, anesteziologii i reanimatologii*. 2020; 2: 165–72. (in Russian).
7. Ionov O.V., Antonov A.G., Borisevich O.A. i dr. *Sovremennaya respiratornaya terapiya u nedonoshennykh novorozhdennykh v kriticheskom sostoyanii* [Modern respiratory therapy in premature infants in critical condition]. *Pediatrics*. 2011; 1: 18–22. (in Russian).
 8. Ionov O.V., Baybarina Ye.N., Moiseyeva T.S. *Sravneniye dvukh podkhodov k ekstubatsii novorozhdennykh s respiratornym distress-sindromom i vrozhdennoy pnevmoniyey* [Comparison of two approaches to extubation of newborns with respiratory distress syndrome and congenital pneumonia]. *Neonatologiya*. 2016; 1: 97–103. (in Russian).
 9. Linkhoyeva S.B., Aleksandrovich Yu.S., Pshenishnov K.V. i dr. *Vybor rezhima neinvazivnoy respiratornoy podderzhki u nedonoshennykh novorozhdennykh v rodil'nom zale* [Choice of non-invasive respiratory support in premature newborns in the delivery room]. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. *Media Sfera Publ.*. 2020; 2: 65–71. (in Russian).
 10. Mitkin O.E., Dashibalov A.A., Linkhoyeva S.B., Butakov A.Yu. *Voprosy medikamentoznoy podgotovki k otlucheniyu ot iskusstvennoy ventilyatsii legkikh nedonoshennykh novorozhdennykh* [Issues of medical preparation for weaning from artificial ventilation of the lungs of premature newborns]. *Zabaykal'skiy meditsinskiy vestnik*. 2020; 1: 104–10. (in Russian).
 11. Ackermann B.W., Klotz D., Hentschel R. et al. High-frequency ventilation in preterm infants and neonates. *Springer Nature*. *Pediatric Research*. 2022.
 12. Chawla S., Natarajan G., Shankaran S. et al. Markers of Successful Extubation in Extremely Preterm Infants, and Morbidity After Failed Extubation. *J Pediatr*. 2017; 189: 113–9.
 13. De Luca D., Dell'Orto V. Non-invasive high-frequency oscillatory ventilation in neonates: review of physiology, biology and clinical data. *Arch. Dis. Child Fetal Neonatal Ed*. 2016; 101: 565–70.
 14. Kidman A.M., Manley B.J., Boland R.A. et al. Predictors and outcomes of extubation failure in extremely preterm infants. *Journal of paediatrics and child health*. 2021; 57(6): 913–9.
 15. Kumar V.H.S., Lipshultz S.E. Caffeine and Clinical Outcomes in Premature Neonates. *Children*. 2019; 6(11): 118.
 16. Manley B.J., Doyle L.W., Owen L.S., Davis P. G. Extubating extremely preterm infants: predictors of success and outcomes following failure. *The Journal of Pediatrics*. 2016; 173: 45–9.
 17. Mu T.S. Permissive hypercapnia practices among neonatologists in the United States: Results of a national survey. *Journal of Neonatal-Perinatal Medicine*. 2011; 4(2): 111–7.
 18. Sant Anna G.M., Keszler M. Weaning Infants from Mechanical Ventilation. *Clinics in Perinatology*. 2012; 39(3): 543–62.
 19. Schmidt B., Anderson P., Doyle L. et al. The caffeine for apnea of prematurity (CAP) trial: preliminary outcomes at 5 years. *Pediatric Research*. 2011; 70(55): 24.
 20. Shalish W., Latremouille S., Papenburg J. et al. Predictors of extubation readiness in preterm infants: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Disease in Childhood — Fetal and Neonatal Edition*. 2019; 104: F89–F97.
 21. Sweet D.G., Carnielli V., Greisen G. et al. European consensus guidelines on the management of respiratory distress syndrome 2019 update. *Neonatology*. 2019; 115(4): 432–50.