

УДК 612.216.2+616-053.2+616.24-085-036-07-08-092+615.816
DOI: 10.56871/RBR.2022.96.47.011

ПРИМЕНЕНИЕ НЕИНВАЗИВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ И ВЫСОКОПОТОЧНОЙ КСИГЕНОТЕРАПИИ У ДЕТЕЙ С РАЗЛИЧНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ В ОТДЕЛЕНИИ РЕАНИМАЦИИ И ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ МНОГОПРОФИЛЬНОГО СТАЦИОНАРА

© Елена Александровна Лебедева¹, Надежда Владимировна Никитина^{1, 2}, Федор Геннадьевич Шаршов^{1, 2}, Артем Юрьевич Смыков², Анастасия Дмитриевна Шарнина¹

¹ Ростовский государственный медицинский университет. 344022, Ростов-на-Дону, Нахичеванский пер., д. 29

² Областная детская клиническая больница. 344015, Ростов-на-Дону, 339-й Стрелковой Дивизии ул., д. 14

Контактная информация: Надежда Владимировна Никитина — аспирант кафедры анестезиологии и реаниматологии; врач — анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации. E-mail: 2634461@mail.ru

Поступила: 15.07.2022

Одобрена: 23.09.2022

Принята к печати: 18.11.2022

Резюме. В исследовании приведен анализ частоты применения неинвазивной вентиляции легких через назальные канюли, лицевую маску, шлем у 98 детей с различной патологией, а также сложности в их применении. В ходе работы были исследованы режимы подбора неинвазивной вентиляции, возрастные группы пациентов, эффективность применения данного метода. Несмотря на достаточно большое число сложностей, высокопоточная оксигенотерапия и неинвазивная вентиляция легких активно используются при лечении дыхательной недостаточности во всех возрастных группах. Как показал анализ, неинвазивная вентиляция с помощью шлема у детей младше 3 лет не проводилась. Данный факт, вероятно, связан с необходимостью проведения дополнительной седации, сложностями с доступом к дыхательным путям ребенка, подбором параметров для достижения оптимального режима и образованием конденсата. Частота применения высокопоточной оксигенотерапии и неинвазивной вентиляции легких при лечении острой дыхательной недостаточности у детей всех возрастов составляет более 79% при различной патологии. Ограниченное использование шлема для проведения неинвазивной вентиляции требует более детального анализа.

Ключевые слова: неинвазивная вентиляция легких у детей; высокопоточная оксигенотерапия; искусственная вентиляция легких у детей; дыхательная недостаточность.

THE USE OF NON-INVASIVE VENTILATION AND HIGH-FLOW OXYGEN THERAPY IN CHILDREN WITH VARIOUS PATHOLOGIES IN THE INTENSIVE CARE UNIT OF A MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL

© Elena A. Lebedeva¹, Nadezhda V. Nikitina^{1, 2}, Fedor G. Sharshov^{1, 2}, Artem Yu. Smykov², Anastasia D. Sharnina¹

¹ Rostov State Medical University. 344022, Rostov-on-Don, Nakhichevan lane, 29

² Regional Children's Clinical Hospital. 344015, Rostov-on-Don, 339th Rifle Division st., 14

Contact information: Nadezhda V. Nikitina — Postgraduate student of the Department of Anesthesiology and Reanimatology; Doctor anesthesiologist-resuscitator of the department of anesthesiology-resuscitation. E-mail: 2634461@mail.ru

Received: 15.07.2022

Revised: 23.09.2022

Accepted: 18.11.2022

Abstract. The study analyzes the frequency of noninvasive lung ventilation through nasal cannulas, face mask, helmet in 98 children with various pathologies, as well as difficulties in their use. In the course of the work, the modes of selection of noninvasive ventilation, age groups of patients, and the effectiveness of this method were investigated. Despite a rather large number of difficulties, high-flow oxygen therapy and non-invasive ventilation are actively used in the treatment of respiratory failure in all age groups. As the analysis showed, noninvasive ventilation with a helmet

was not performed in children under 3 years of age. This fact is probably related to the need for additional sedation, difficulties with access to the respiratory tract of the child, the selection of parameters to achieve the optimal regime and the formation of condensation. The frequency of high-flow oxygen therapy and noninvasive ventilation in the treatment of acute respiratory failure in children of all ages is more than 79% in various pathologies. The limited use of the helmet for non-invasive ventilation requires a more detailed analysis.

Key words: non-invasive ventilation in children; high-flow oxygen therapy; artificial ventilation in children; respiratory failure.

ВВЕДЕНИЕ

Дыхательная недостаточность является одной из серьезнейших проблем педиатрической интенсивной терапии, поскольку именно она является основной причиной практически всех критических состояний и лежит в основе прогрессирования полиорганной недостаточности. Однако врачи сталкиваются с рядом сложностей при применении неинвазивной вентиляции легких [1, 2]. Первые сообщения об экспериментальных исследованиях по проведению искусственного дыхания у мертворожденных детей, по данным PubMed, зафиксированы в 1881 году [3]. Конструкция механического респиратора для взрослых и детей была представлена в журнале «The Journal of Clinical Investigation» в 1929 году [4]. Первые данные о проведении неинвазивной вентиляции с помощью «лицевой камеры» при идиопатическом респираторном дистресс-синдроме у младенцев представлены в 1976 году [5]. На данном этапе в клиническую практику интенсивной терапии активно внедряются респираторные технологии с применением высокопоточной оксигенотерапии, неинвазивной вентиляции с использованием шлемов и масок [6, 7]. Однако широта применения неинвазивной вентиляции легких у детей отстает от инвазивной. Объем публикаций по применению неинвазивной вентиляции в разы меньше по сравнению с инвазивной. Так, по поисковому запросу «механическая вентиляция легких у детей» система PubMed дала ссылки на 13 763 результата, по запросу «неинвазивная вентиляция легких у детей» — 2050 результатов. В последние годы активно используется высокопоточная оксигенотерапия с различной патологией [8]. Вероятно, более низкая частота применения неинвазивной вентиляции легких связана со сложностями ее применения в детском возрасте.

ЦЕЛЬ

Проанализировать частоту применения и сложности использования неинвазивной вентиляции легких и высокопоточной оксигенотерапии у детей в отделении реанимации и интенсивной терапии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены данные 98 пациентов, проходивших лечение в отделении реанимации и интенсив-

ной терапии в течение календарного года. Критерии включения: наличие дыхательной недостаточности, требовавшей кислородной или вентиляционной поддержки различными способами, на фоне основной патологии. Критерии исключения: постнаркотическая депрессия дыхания, требовавшая кислородной поддержки, или искусственная вентиляция, которая прекращалась после пробуждения и сопровождалась переводом в профильное отделение. Режимы неинвазивной вентиляции легких и высокопоточной оксигенотерапии подбирались для каждого пациента индивидуально для достижения целевых параметров: уровень сатурации кислорода (SpO_2) не менее 94%; S/F-индекс — соотношение SpO_2 и фракции кислорода во вдыхаемой смеси (FiO_2) — более 300 мм рт.ст.; снижение частоты дыхания до уровня, не превышающего 25% от возрастной нормы; отсутствие участия вспомогательной мускулатуры в акте дыхания; уровень сознания 12–15 баллов по шкале комы Глазго. Параметры высокопоточной оксигенотерапии: скорость потока подачи кислорода устанавливалась из расчета от 2 литров на килограмм массы тела в минуту; фракция кислорода в дыхательной смеси от 30 до 100%. Для неинвазивной вентиляции легких использовался режим непрерывного положительного давления в дыхательных путях (CPAP) с уровнем давления от 5 до 10–12 см вод.ст.; положительное давление конца выдоха (PEEP) выше 4 см вод.ст.; фракция кислорода в дыхательной смеси от 30 до 100%. Высокопоточная оксигенотерапия проводилась с помощью аппарата Airvo-2, для неинвазивной вентиляции использовались аппараты искусственной вентиляции легких, поддерживающие данный режим. Статистическая обработка данных проводилась с использованием статистического пакета Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Анализ соответствия вида распределения признака закону нормального распределения проводили с применением критерия Колмогорова–Смирнова. Качественные данные представлены как абсолютные и относительные частоты (проценты). Описательная статистика количественных признаков при нормальном распределении представлена в виде центральной тенденции — среднего и доверительного интервала для среднего. При распределении признака, отличающегося от нормального в виде медианы и дисперсии, — интерквартильного размаха (25-й и 75-й процентиля). Сравнение независимых переменных в двух группах осуществляли непараметрическим методом с применением критерия Манна–Уитни. Сравнение независимых переменных в трех группах и более оценивали с помощью

дисперсионного анализа методом Краскела–Уоллиса (модуль ANOVA). Критерием значимости при статистических расчетах в данной работе, по общепринятым в медико-биологических исследованиях правилам, являлось значение показателя вероятности ошибки или вероятности принятия ошибочной гипотезы (p) не более 5%, то есть $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний возраст пациентов составлял 6,95 (5,69; 8,20) лет. Наибольшее количество детей (38,8%, 38 человек) приходилось на возраст от 10 до 18 лет (табл. 1). Доля новорожденных составляла 11,2% (11 человек).

Во всех возрастных группах наиболее часто применяли высокопоточную оксигенотерапию (табл. 2). Неинвазивная вентиляция легких использовалась реже по сравнению с высокопоточной оксигенотерапией во всех возрастных группах. Следует обратить внимание, что частота применения неинвазивной вентиляции легких превалировала над искусственной в группах детей старше 7 лет.

Таблица 1

Распределение детей по возрастным группам

№ п/п	Возраст	Группа	Количество	Процент
1	0–4 недели	Новорожденный	11	11,2
2	4 недели — 1 год	Грудной	10	10,2
3	1–3 года	Раннее детство	16	16,3
4	3–7 лет	Дошкольный	18	18,4
5	7–10 лет	Младший школьный	5	5,1
6	10–18 лет	Подростковый	38	38,8
	Итого		98 детей	100

Примечание. Критерий нормальности распределения данных Колмогорова–Смирнова $d=0,18$, $p < 0,01$.

Таблица 2

Частота применения высокопоточной оксигенотерапии и неинвазивной вентиляции легких у детей, распределенных по возрастным группам

№ п/п	Возраст	Варианты кислородной и/или вентиляционной поддержки								
		Высокопоточная оксигенотерапия	Неинвазивная вентиляция легких		Искусственная вентиляция легких	Неинвазивная вентиляция легких с помощью лицевой маски с переходом на искусственную вентиляцию	Высокопоточная оксигенотерапия с переходом на искусственную вентиляцию	Искусственная вентиляция легких с последующим переходом на неинвазивную вентиляцию		Искусственная вентиляция легких с последующим переходом на высокопоточную оксигенотерапию
			с помощью шлема	с помощью лицевой маски				с помощью шлема	с помощью лицевой маски	
1	0–4 недели	4 (4,1%)	–	2 (2,0%)	1 (1,0%)	–	–	–	–	4 (4,1%)
2	4 недели — 1 год	4 (4,1%)	–	1 (1,0%)	–	–	1 (1,0%)	–	1 (1,0%)	3 (3,1%)
3	1–3 года	7 (7,1%)	–	3 (3,1%)	2 (2,0%)	1 (1,0%)	–	–	1 (1,0%)	2 (2,0%)
4	3–7 лет	8 (8,2%)	–	4 (4,1%)	1 (1,0%)	–	1 (1,0%)	2 (2,0%)	1 (1,0%)	1 (1,0%)
5	7–10 лет	2 (2,0%)	1 (1,0%)	2 (2,0%)	–	–	–	–	–	–
6	10–18 лет	13 (13,3%)	1 (1,0%)	12 (12,2%)	5 (5,1%)	–	1 (1,0%)	2 (2,0%)	2 (2,0%)	2 (2,0%)
	Всего	38 (38,8%)	2 (2,0%)	24 (24,5%)	9 (9,2%)	1 (1,0%)	3 (3,1%)	4 (4,1%)	5 (5,1%)	12 (12,2%)
	Итого									98 детей (100%)

Примечание. Данные приведены в виде количества детей и процента от общего числа детей в исследовании.



Таблица 3

Распределение больных по группам заболеваний в соответствии с Международной классификацией болезней 10-го пересмотра (МКБ-10)

№ п/п	Код по МКБ-10	Группа заболеваний (распределение в соответствии с МКБ-10)	Количество	Процент
1	S00–T98	Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин	38	38,8
2	J00–J99	Болезни органов дыхания	34	34,7
3	G00–G99	Болезни нервной системы	7	7,1
4	I00–I99	Болезни системы кровообращения	7	7,1
5	A00–B9	Некоторые инфекционные и паразитарные болезни	7	7,1
6	P00–P96	Отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде	4	4,1
7	Q00–Q99	Врожденные аномалии [пороки развития], деформации и хромосомные нарушения	1	1,0
Итого			98	100

Примечание. Критерий нормальности распределения данных Колмогорова–Смирнова $d=0,28$, $p < 0,01$.

В группах детей старше 3 лет частота проведения неинвазивной вентиляции легких через лицевую маску превалировала над способом ее проведения через шлем. Как показал анализ, неинвазивная вентиляция с помощью шлема у пациентов младше 3 лет не проводилась.

Среди всех пациентов, включенных в анализ, девочек было в 1,7 раза меньше, чем мальчиков: 36 девочек (36,7%) и 62 мальчика (63,3%). Статистически значимой разницы между гендерными группами по вариантам применения кислородной поддержки и способов вентиляции легких выявлено не было ($p=0,75$).

Превалирующими патологиями являлись травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин и болезни органов дыхания, которые составляли более 70% от всех наблюдений (табл. 3).

Среди болезней органов дыхания у 18 человек (52,9%) была диагностирована пневмония, у 4 (11,8%) — бронхиальная астма и острый бронхит, у 3 (8,8%) — острый эпиглоттит и у 1 (2,9%) — острый обструктивный ларингит. Больным с пневмонией, бронхиальной астмой и острым бронхитом чаще проводилась неинвазивная респираторная поддержка. Пациентам с острым эпиглоттитом и обструктивным ларингитом потребовалось проведение искусственной вентиляции легких с последующим переходом на высокопоточную оксигенотерапию. Среди получивших травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин у 20 детей (52,6%) диагностировано отравление, у 8 (21,1%) — термический ожог, у 4 (10,5%) — сочетанная травма, у 3 (7,9%) — химический ожог, у 2 (5,3%) — внутричерепная травма и у 1 (2,6%) — ожог, вызванный электрическим током. Превалирующими заболеваниями со стороны нервной системы являлись врожденные поражения центральной нервной системы (у 5 детей, 71,4%). Данной категории детей чаще всего проводилась высокопоточная оксигенотерапия и неинвазивная вентиляция легких. В ис-

следование было включено по одному ребенку (14,3%) с эпилепсией и синдромом Гийена–Барре. Данным детям требовалось проведение искусственной вентиляции легких с последующим переходом на неинвазивную вентиляцию, что было связано с наличием дыхательной недостаточности смешанного генеза и угнетением сознания менее 12 баллов согласно шкале комы Глазго. Болезни системы кровообращения у 7 пациентов (7,1%) были обусловлены внутримозговым кровоизлиянием. Энцефалиты и менингоэнцефалиты преобладали среди инфекционных и паразитарных болезней (у 4 детей, 57,1%). У пациентов, относящихся к группе отдельных состояний, возникающих в перинатальном периоде, двоим (50%) был поставлен диагноз внутричерепное кровоизлияние у плода и новорожденного, по одному (25,0%) — внутрижелудочковое кровоизлияние у плода и новорожденного и аспирационный синдром. Врожденная гидроцефалия, сопровождающаяся судорожным синдромом, диагностирована у 1 ребенка.

У пациентов с травмами, отравлениями и некоторыми другими последствиями воздействия внешних причин в 52,6% случаев (20 детей) проводилась высокопоточная оксигенотерапия, в 26,3% (10 детей) — неинвазивная вентиляция легких, а в 21,1% (8 детей) — искусственная вентиляция и искусственная вентиляция с последующим проведением неинвазивной. Более 70% больных (26 человек) с заболеваниями органов дыхания провели коррекцию дыхательной недостаточности, используя высокопоточную оксигенотерапию и неинвазивную вентиляцию. У пациентов с болезнями нервной системы в 71,4% случаев (5 детей) проводилась высокопоточная оксигенотерапия, по одному случаю (14,3%) — неинвазивная вентиляция легких и искусственная вентиляция легких с последующим переходом на неинвазивную вентиляцию.

Средняя длительность нахождения в отделении реанимации и интенсивной терапии составляла 9,0 (6,4; 11,6) дня.

Наибольшая длительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии приходилась на детей, которым требовалась искусственная вентиляция легких 26,9 (12,2; 41,6) дня и искусственная вентиляция легких с переводом на неинвазивную, и составляла 17,9 (12,9; 23,0) дня. Пациенты с инфекционными болезнями и болезнями нервной системы в среднем находились в отделении реанимации и интенсивной терапии в 1,2–1,4 раза дольше по сравнению с другими патологиями (критерий Краскела–Уоллиса): $H(4, N=98) = 12,2$; $p = 0,016$. Так, средняя продолжительность нахождения в отделении реанимации и интенсивной терапии с некоторыми инфекционными и паразитарными болезнями составляла 20,4 (12,7; 45,7) дня, с болезнями нервной системы — 10,2 (3,5; 16,9) дня, с болезнями органов дыхания — 8,8 (6,2; 11,5) дня, с травмами, отравлениями и некоторыми другими последствиями воздействия внешних причин — 8,5 (2,6; 14,4) дня и отдельными состояниями, возникающими в перинатальном периоде, — 8,3 (1,2; 17,9) дня соответственно. Средняя длительность искусственной вентиляции легких была в 4,3 раза дольше по сравнению с неинвазивной и составляла 259,4 (136,4; 382,4) часов для искусственной и 58,9 (46,0; 71,9) часов для неинвазивной.

У пациентов с болезнями органов дыхания, травмами, отравлениями и некоторыми другими последствиями воздействия внешних причин для проведения неинвазивной вентиляции использовались как шлемы, так и лицевые маски (табл. 4). Лицевая маска использовалась в 5 раз чаще, чем шлем для неинвазивной вентиляции легких (у 30,6% — лицевая маска, у 6,1% — шлем).

При этом средняя длительность проведения неинвазивной вентиляции через шлем составляла 100,0 (26,3; 173,7) часов, через плотно прилегающую маску — 35,5 (23,2; 47,7) часов и высокопоточной оксигенотерапии через назальные канюли — 71,1 (50,9; 91,3) часов соответственно ($p=0,002$).

Был проведен опрос 8 врачей — анестезиологов-реаниматологов отделения реанимации и интенсивной терапии по использованию неинвазивной вентиляции легких через разные дыхательные интерфейсы и высокопоточной оксигенотерапии через назальные канюли. В таблице 5 представлены положительные ответы на заданные вопросы по основным сложностям в использовании неинвазивной вентиляции и высокопоточной оксигенотерапии.

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на достаточно большое число сложностей, высокопоточная оксигенотерапия и неинвазивная вентиляция легких активно используются при лечении дыхательной недостаточности во всех возрастных группах. Как показал анализ, неинвазивная вентиляция с помощью шлема у детей младше 3 лет не проводилась. Данный факт, вероятно, связан с необходимостью проведения дополнительной седации, сложностями с доступом к дыхательным путям ребенка, подбором параметров для достижения оптимального режима и образованием конденсата. Некоторые авторы, наоборот, отмечают преимущества шлема перед лицевой маской, делая акцент на «возможность обеспечения герметичного крепления неинвазивного интерфейса больным с практически любым контуром лица, отсутствие повреждений кожи и больший комфорт для пациента [9]. Есть данные, указывающие на предпочтение в использовании шлема для неинвазивной вентиляции у 5-месячного ребенка, дыхательная недостаточность которого была обусловлена вирусной инфекцией дыхательных путей [10]. В данной работе делается акцент на необходимость «болюсного применения седативных препаратов только в первые сутки» проведения неинвазивной вентиляции [10]. Наибольшая частота применения высокопоточной оксигенотерапии через назальные канюли

Таблица 4

Способ проведения неинвазивной вентиляции легких в зависимости от патологии

№ п/п	Код МКБ-10	Группа заболеваний (распределение в соответствии с МКБ-10)	С помощью шлема, n (%)	С помощью лицевой маски, n (%)
1	J00–J99	Болезни органов дыхания	4 (4,1)	10 (10,2)
2	S00–T98	Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин	2 (2,0)	11 (11,2)
3	G00–G99	Болезни нервной системы	–	2 (2,0)
4	I00–I99	Болезни системы кровообращения	–	3 (3,0)
5	A00–B9	Некоторые инфекционные и паразитарные болезни	–	2 (2,0)
6	P00–P96	Отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде	–	1 (1,0)
7	Q00–Q99	Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения	–	1 (1,0)
Всего			6 (6,1)	30 (30,6)
Итого			98 детей (100%)	

Примечание. Данные приведены в виде количества детей и процента от общего числа детей в исследовании.



Таблица 5

Сложности в использовании неинвазивной вентиляции легких и высокопоточной оксигенотерапии у детей с острой дыхательной недостаточностью

№ п/п	Основные сложности при проведении неинвазивной вентиляции легких и высокопоточной оксигенотерапии у детей	Дыхательный интерфейс		
		неинвазивная вентиляция легких с помощью шлема	неинвазивная вентиляция легких с помощью лицевой маски	назальные канюли для высокопоточной оксигенотерапии
1	Клаустрофобия	5	0	0
2	Доступ к дыхательным путям пациента	6	0	0
3	Проведение ингаляционной терапии	8	3	2
4	Герметичность	0	6	–
5	Пролежни, мацерации	0	7	1
6	Дополнительная седация	3	1	2
7	Сложность в использовании в техническом плане (подключение пациента к аппарату)	8	2	2
8	Синхронизация пациента (подбор параметров)	7	6	6
9	Самостоятельный прием пищи	8	8	0
10	Образование конденсата	7	2	0
11	Контакт с пациентом	8	4	4
12	Сухость слизистой оболочки верхних дыхательных путей, конъюнктивит	3	4	3

Примечание. Числа в ячейках показывают количество положительных ответов о наличии сложностей при проведении неинвазивной вентиляции легких и высокопоточной оксигенотерапии.

при большинстве заболеваний обусловлена, с нашей точки зрения, простотой в подключении пациента к аппарату, отсутствием сложностей с доступом к дыхательным путям пациента, простотой проведения ингаляционной терапии с помощью небулайзера, отсутствием выраженных мацераций и пролежней и созданием оптимальной влажности, обеспечивающей комфортную подачу высокоскоростных потоков. Наше мнение согласуется с G. Hernández и соавт. [11]. Есть данные, что использование высокопоточных канюль в качестве респираторной терапии «значительно уменьшает риск травматизации носовой перегородки, облегчая сестринский уход за пациентом и создавая здоровый психологический фон общения родителей с ребенком» [12, 13]. Однако необходимо более детальный анализ сложностей, возникающих при проведении высокопоточной оксигенотерапии и неинвазивной вентиляции легких у детей [14, 15].

ВЫВОДЫ

Частота применения высокопоточной оксигенотерапии и неинвазивной вентиляции легких при лечении острой дыхательной недостаточности у детей всех возрастов составляет более 79% при различной патологии. Ограниченное использование шлема для проведения неинвазивной вентиляции требует более детального анализа.

ЛИТЕРАТУРА

- Гордеев В.И., Александрович Ю.С., Паршин Е.В. Респираторная поддержка у детей. Рук. для врачей. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2009.
- Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Острый респираторный дистресс-синдром в педиатрической практике. Вестник интенсивной терапии. 2014; 3: 23–9.
- Champneys F.H. On Artificial Respiration in Stillborn Children: the amount of Ventilation secured by different methods. An Experimental Inquiry. Med Chir Trans. 1881; 64: 41–86. DOI: 10.1177/095952878106400105.
- Drinker P., Shaw L.A. An apparatus for the prolonger administration of artificial respiration: I. A Design for Adults and Children. J Clin Invest. 1929; 7(2): 229–47. DOI: 10.1172/JCI100226.
- Ahlström H., Jonson B., Svenningsen N.W. Continuous positive airways pressure treatment by a face chamber in idiopathic respiratory distress syndrome. Arch Dis Child. 1976; 51(1): 13–21. DOI: 10.1136/adc.51.1.13.
- Fiochetto J.R., Ribeiro C.F., Carpi M.F. et al. Comparison between noninvasive mechanical ventilation and standard oxygen therapy in children up to 3 years old with respiratory failure after extubation: a pilot prospective randomized clinical study. Pediatric. Crit. Care Med. 2015; 16(2): 124–30. DOI: 10.1097/pcc.000000000000309.

7. Mikalsen I.B., Davis P., Oymar K. High flow nasal cannula in children: a literature review. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2016; 24(1): 93. DOI: 10.1186/s13049-016-0278-4.
8. Грачев И.Н., Шаталов В.И., Климов А.Г. и др. Сравнительный анализ использования высокопоточной и традиционной оксигенотерапии у пациентов с тяжелой внебольничной пневмонией. *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова.* 2020; 3: 95–103. DOI: 10.21320/1818-474X-2020-3-95-103.
9. Брусенцев О.Ю., Кудин Н.К., Мигунов С.А. и др. Опыт использования шлема для неинвазивной вентиляции STARMED CASTAR UP у пациента с морбидным ожирением. *Здравоохранение Югры: опыт и инновации.* 2018; 3(16): 29–33.
10. Jana Martins, Nunes P., Silvestre C. et al. NIV-Helmet in Severe Hypoxemic Acute Respiratory Failure. *Case Rep Pediatr.* 2015; 2015: 456715. DOI: 10.1155/2015/456715.
11. Hernández G., Vaquero C., González P. et al. Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on reintubation in low-risk patients: a randomized clinical trial. 2016; 315(13-15): 1354–61. DOI: 10.1001/jama.2016.14194.
12. Модель Г.Ю., Токовая И.А., Шабанова Н.Е. Высокопоточная кислородная терапия как альтернативный способ респираторной поддержки у новорожденных с дыхательными расстройствами. *Научный вестник здравоохранения Кубани.* 2020; 1(67): 46–56.
13. Wilkinson D., Andersen C., O'Donnell C.P. et al. High flow nasal cannula for respiratory support in preterm infants. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2016. DOI: 10.1002/14651858.
14. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Респираторная поддержка при критических состояниях в педиатрии и неонатологии. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2020.
15. Хиенас В., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. и др. Оценка эффективности ранней неинвазивной респираторной поддержки у доношенных новорожденных. *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2017; 14(2): 20–6.
5. Ahlström H., Jonson B., Svenningsen N.W. Continuous positive airways pressure treatment by a face chamber in idiopathic respiratory distress syndrome. *Arch Dis Child.* 1976; 51(1): 13–21. DOI: 10.1136/adc.51.1.13.
6. Fioretto J.R., Ribeiro C.F., Carpi M.F. et al. Comparison between noninvasive mechanical ventilation and standard oxygen therapy in children up to 3 years old with respiratory failure after extubation: a pilot prospective randomized clinical study. *Pediatric. Crit. Care Med.* 2015; 16(2): 124–30. DOI: 10.1097/pcc.0000000000000309.
7. Mikalsen I.B., Davis P., Oymar K. High flow nasal cannula in children: a literature review. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2016; 24(1): 93. DOI: 10.1186/s13049-016-0278-4.
8. Grachev I.N., Shatalov V.I., Klimov A.G. i dr. Sravnitel'nyy analiz ispol'zovaniya vysokopotchnoy i traditsionnoy oksigenoterapii u patsiyentov s tyazheloy vnebol'nichnoy pnevmoniyey [Comparative analysis of the use of high-flow and conventional oxygen therapy in patients with severe community-acquired pneumonia]. *Vestnik intensivnoy terapii im. A.I. Saltanova.* 2020; 3: 95–103. DOI: 10.21320/1818-474X-2020-3-95-103. (in Russian).
9. Brusentsev O.Yu., Kudin N.K., Migunov S.A. i dr. Opyt ispol'zovaniya shlema dlya neinvazivnoy ventilyatsii STARMED CASTAR UP u patsiyenta s morbidnym ozhireniyem [Experience of using a helmet for non-invasive ventilation STARMED CASTAR UP in a patient with morbid obesity]. *Zdravookhraneniye Yugry: opyt i innovatsii.* 2018; 3(16): 29–33. (in Russian).
10. Jana Martins, Nunes P., Silvestre C. et al. NIV-Helmet in Severe Hypoxemic Acute Respiratory Failure. *Case Rep Pediatr.* 2015; 2015: 456715. DOI: 10.1155/2015/456715.
11. Hernández G., Vaquero C., González P. et al. Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on reintubation in low-risk patients: a randomized clinical trial. 2016; 315(13-15): 1354–61. DOI: 10.1001/jama.2016.14194.
12. Model' G.Yu., Tokovaya I.A., Shabanova N.Ye. Vysokopotchnaya kislorodnaya terapiya kak al'ternativnyy sposob respiratornoy podderzhki u novorozhdennykh s dykhatel'nymi rasstroystvami [High-flow oxygen therapy as an alternative method of respiratory support in newborns with respiratory disorders]. *Nauchnyy vestnik zdravookhraneniya Kubani.* 2020; 1(67): 46–56. (in Russian).
13. Wilkinson D., Andersen C., O'Donnell C.P. et al. High flow nasal cannula for respiratory support in preterm infants. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2016. DOI: 10.1002/14651858.
14. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Респираторная поддержка при критических состояниях в педиатрии и неонатологии. Москва: GEOTAR-Media Publ.; 2020. (in Russian).
15. Khiyenas V., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. i dr. Otsenka effektivnosti ranney neinvazivnoy respiratornoy podderzhki u donoshennykh novorozhdennykh [Evaluation of the effectiveness of early non-invasive respiratory support in full-term newborns]. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii.* 2017; 14(2): 20–6. (in Russian).

REFERENCES

1. Gordeyev V.I., Aleksandrovich Yu.S., Parshin Ye.V. Respiratornaya podderzhka u detey [Respiratory support in children]. *Ruk. dlya vrachey.* Sankt-Peterburg: ELBI-SPb Publ.; 2009. (in Russian).
2. Aleksandrovich Yu.S., Pshenisnov K.V. Ostryy respiratornyy distress-sindrom v pediatricheskoy praktike [Acute respiratory distress syndrome in pediatric practice]. *Vestnik intensivnoy terapii.* 2014; 3: 23–9. (in Russian).
3. Champneys F.H. On Artificial Respiration in Stillborn Children: the amount of Ventilation secured by different methods. *An Experimental Inquiry.* *Med Chir Trans.* 1881; 64: 41–86. DOI: 10.1177/095952878106400105.
4. Drinker P., Shaw L.A. An apparatus for the proloner administration of artificial respiration: I. A Design for Adults and Children. *J Clin Invest.* 1929; 7(2): 229–47. DOI: 10.1172/JCI100226.
5. Ahlström H., Jonson B., Svenningsen N.W. Continuous positive airways pressure treatment by a face chamber in idiopathic respiratory distress syndrome. *Arch Dis Child.* 1976; 51(1): 13–21. DOI: 10.1136/adc.51.1.13.
6. Fioretto J.R., Ribeiro C.F., Carpi M.F. et al. Comparison between noninvasive mechanical ventilation and standard oxygen therapy in children up to 3 years old with respiratory failure after extubation: a pilot prospective randomized clinical study. *Pediatric. Crit. Care Med.* 2015; 16(2): 124–30. DOI: 10.1097/pcc.0000000000000309.
7. Mikalsen I.B., Davis P., Oymar K. High flow nasal cannula in children: a literature review. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2016; 24(1): 93. DOI: 10.1186/s13049-016-0278-4.
8. Grachev I.N., Shatalov V.I., Klimov A.G. i dr. Sravnitel'nyy analiz ispol'zovaniya vysokopotchnoy i traditsionnoy oksigenoterapii u patsiyentov s tyazheloy vnebol'nichnoy pnevmoniyey [Comparative analysis of the use of high-flow and conventional oxygen therapy in patients with severe community-acquired pneumonia]. *Vestnik intensivnoy terapii im. A.I. Saltanova.* 2020; 3: 95–103. DOI: 10.21320/1818-474X-2020-3-95-103. (in Russian).
9. Brusentsev O.Yu., Kudin N.K., Migunov S.A. i dr. Opyt ispol'zovaniya shlema dlya neinvazivnoy ventilyatsii STARMED CASTAR UP u patsiyenta s morbidnym ozhireniyem [Experience of using a helmet for non-invasive ventilation STARMED CASTAR UP in a patient with morbid obesity]. *Zdravookhraneniye Yugry: opyt i innovatsii.* 2018; 3(16): 29–33. (in Russian).
10. Jana Martins, Nunes P., Silvestre C. et al. NIV-Helmet in Severe Hypoxemic Acute Respiratory Failure. *Case Rep Pediatr.* 2015; 2015: 456715. DOI: 10.1155/2015/456715.
11. Hernández G., Vaquero C., González P. et al. Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on reintubation in low-risk patients: a randomized clinical trial. 2016; 315(13-15): 1354–61. DOI: 10.1001/jama.2016.14194.
12. Model' G.Yu., Tokovaya I.A., Shabanova N.Ye. Vysokopotchnaya kislorodnaya terapiya kak al'ternativnyy sposob respiratornoy podderzhki u novorozhdennykh s dykhatel'nymi rasstroystvami [High-flow oxygen therapy as an alternative method of respiratory support in newborns with respiratory disorders]. *Nauchnyy vestnik zdravookhraneniya Kubani.* 2020; 1(67): 46–56. (in Russian).
13. Wilkinson D., Andersen C., O'Donnell C.P. et al. High flow nasal cannula for respiratory support in preterm infants. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2016. DOI: 10.1002/14651858.
14. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Респираторная поддержка при критических состояниях в педиатрии и неонатологии. Москва: GEOTAR-Media Publ.; 2020. (in Russian).
15. Khiyenas V., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. i dr. Otsenka effektivnosti ranney neinvazivnoy respiratornoy podderzhki u donoshennykh novorozhdennykh [Evaluation of the effectiveness of early non-invasive respiratory support in full-term newborns]. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii.* 2017; 14(2): 20–6. (in Russian).

