

ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНАЯ МЕМБРАННАЯ ОКСИГЕНАЦИЯ В ПЕДИАТРИИ И НЕОНАТОЛОГИИ

© Ольга Сергеевна Мальцева¹, Константин Викторович Пшенисн¹,
Даниил Александрович Шелухин², Алексей Борисович Наумов¹,
Сергей Павлович Марченко¹, Алексей Владимирович Яковлев¹,
Евгений Владимирович Тризна³, Елена Олеговна Дембицкая¹

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет.
194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., 2

² ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России.
194044, Санкт-Петербург, Академика Лебедева ул., 4/2

³ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» МЗ РФ.
197341, Санкт-Петербург, Аккуратова ул., 2

Контактная информация: Константин Викторович Пшенисн — доцент кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России. E-mail: psh_k@mail.ru

Резюме. Основным показанием к применению ЭКМО у детей являются врожденные пороки сердца, диафрагмальная грыжа, персистирующая легочная гипертензия, рефрактерный септический шок и синдром малого сердечного выброса после остановки кровообращения. ЭКМО наиболее эффективна у детей раннего возраста, у которых имеется лишь изолированное поражение легких или рефрактерная гипоксемическая дыхательная недостаточность. Применение ЭКМО особенно оправдано на ранних стадиях заболевания, когда шансы на выздоровление пациента достаточно высоки. Основным ятрогенным ограничением к применению ЭКМО является инвазивная искусственная вентиляция легких в течение 14 и более дней. Наиболее частой причиной отказа от использования ЭКМО в рутинной практике является отсутствие не только материально-технического обеспечения и подготовленного высококвалифицированного персонала, но и конкретных знаний по возможностям данного метода лечения. В качестве потенциальных перспектив развития ЭКМО у детей РФ следует рассматривать проведение организационно-методических мероприятий, направленных на широкое внедрение ЭКМО в клиническую практику и оценку ее эффективности у пациентов детского возраста. Оптимальными вариантами решения проблемы представляются разработка Национальных клинических рекомендаций по ЭКМО у детей и создание Федеральной выездной педиатрической службы экстракорпоральной мембранной оксигенации.

Ключевые слова: экстракорпоральная мембранная оксигенация, педиатрия, новорожденные, критическое состояние, рефрактерная гипоксемическая дыхательная недостаточность.

EXTRACORPORAL MEMBRANE OXYGENATION IN PEDIATRICS AND THE NEONATOLOGY

© Olga S. Maltseva¹, Konstantin V. Pshenishnov¹, Daniil A. Shelukhin², Alexey B. Naumov¹,
Sergey P. Marchenko¹, Alexey V. Yakovlev¹, Evgeny V. Trizna³, Elena O. Dembitskaya¹

¹ Saint-Petersburg State Pediatric Medical University. 194100, Saint-Petersburg, Litovskaya str., 2

² Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine of EMERCOM. 194044, Saint Petersburg, Akademika Lebedeva str., 4/2

³ Federal State Budgetary Institution «V.A. Almazov National Medical Research Center», Russian Federation. 197341, St. Petersburg, Akkuratova str., 2

Contact Information: Konstantin V. Pshenishnov — PhD, Associate Professor of the Department of anesthesiology, and resuscitation Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 194100, Saint-Petersburg, Russian Federation. E-mail: psh_k@mail.ru

Resume. The main indication to application of EMO for children are congenital heart diseases, congenital diaphragmatic hernia, persistent pulmonary hypertension, refractory septic shock and a severe cardiac failure after a cardiac arrest. EMO is most effective at children of early age who have only an isolated damage of lungs or refractory hypoxemic respiratory insufficiency. Application of EMO is especially justified at early stages of a disease when chances of recovery of the patient are rather high. The main iatrogenic restriction to application of EMO is invasive mechanical ventilation of lungs within 14 and more days. The absence not only material support and the prepared highly skilled personnel, but also concrete knowledge of opportunities of this method of treatment is the most frequent reason for refusal of use of EMO in routine practice. As the potential prospects of development of EMO in children of the Russian Federation it is necessary to consider holding the organizational and methodical actions directed to widespread introduction of EMO in clinical practice and assessment of its efficiency of e of patients of children's age. Optimal variants of a solution represent development of National clinical recommendations about EMO at children and creation of Federal exit pediatric service of extracorporeal membrane oxygenation.

Keywords: extracorporeal membrane oxygenation, pediatric, neonate, critical state, refractory hypoxemic respiratory failure.

Экстракорпоральная мембранная оксигенация (Extracorporeal life support, ELS) — это современная терапевтическая стратегия, направленная на стабилизацию, поддержание и восстановление жизненно важных функций организма пациента, поддержание оптимального сердечного выброса, газообмена и температуры тела [7].

Впервые экстракорпоральная мембранная оксигенация в педиатрической практике была осуществлена в 1975 году доктором Робертом Бартлеттом (Калифорнийский университет), который успешно применил ЭКМО для стабилизации состояния новорожденной девочки с синдромом аспирации мекония. Продолжительность процедуры составила 72 часа, результат лечения — полное выздоровление.

В странах СНГ и Российской Федерации идея использования ЭКМО тесно связана с именем лауреата Ленинской премии Сергея Сергеевича Брюхоненко, который в 1926 году создал первый аппарат для искусственного кровообращения и впервые применил его для оживления животных после перенесенной клинической смерти. В 1945–1951 г. этот метод стал использоваться и в клинической практике.

Первые успешные попытки внедрения ЭКМО в педиатрическую практику в Российской Федерации были предприняты специалистами Национального медицинского исследовательского центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева Министерства здравоохранения РФ (1998) [3] и Национального медицинского исследовательского центра им. акад. Е.Н. Мешалкина» (2005–2007).

В 2011 году сотрудники НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина впервые в нашей стране осу-

ществили авиационную транспортировку ребенка с механическим устройством поддержки кровообращения. Двухлетняя Вера Смольникова была доставлена в клинику г. Бергамо (Италия), где ей выполнили успешную трансплантацию сердца.

В 2017 году специалисты ФГБУ «НИМЦ им. В.А. Алмазова» впервые в нашей стране осуществили транспортировку ребенка с применением методики ЭКМО и использованием малой авиации (вертолет). Следует отметить, что основанием для ЭКМО явились нарушения гемодинамики на фоне течения сепсиса и септического шока. Продолжительность ЭКМО составила 10 дней, общая длительность госпитализации — 39 дней, результат лечения — полное выздоровление¹.

За время, прошедшее с момента первого применения ЭКМО у детей, значительно изменились оборудование, методы канюляции и ведения пациентов на ЭКМО, расширились показания и улучшились результаты лечения. В настоящее время технологию ЭКМО следует рассматривать не как «терапию отчаяния», а как метод стабилизации витальных функций и сохранения жизни пациента.

В настоящее время информацию о стационарах, в которых выполняется детская ЭКМО в РФ, можно получить либо в Российском национальном регистре², либо на официальных сайтах лечебных учреждений.

Как показано в табл. 1 сегодня она доступна только в федеральных научно-исследователь-

¹ <http://www.zdrav-novgorod.ru/novosti/5117-ekmo-spas-aet-novgorodskogo-malysha.html>

² <http://xn--j1aeg1d.xn--plai/registr/statistika>

Таблица 1

Лечебные учреждения РФ, использующие
экстракорпоральную мембранную
оксигенацию у детей

Город	Учреждение
Центральная часть страны	
Москва	ФГБУ НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова
	ГБУЗ ДГКБ № 13 им. Н.Ф. Филатова
	НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева
Санкт-Петербург	ФГБОУ ВО «СПбГПМУ»
	ФГБУ «НИМЦ им. В.А. Алмазова»
Южная часть страны	
Ростов-на-Дону	ГБУ РО «РОКБ», кардиохирургический центр
Астрахань	ФГБУ ФЦ ССХ
Краснодар	НИИ ККБ № 1 им проф. С.В. Очаповского
Восточная часть страны	
Новосибирск	ФГБУ «НИИ ПК им. ак. Е.Н. Мешалкина»
Кемерово	ФГНБУ «НИИ КП ССЗ»

Таблица 2

Результаты ЭКМО в Российской Федерации
(2017 год) (<http://xn--j1aegld.xn--plai/register/statistika>)

Возраст	% успешного отключения	% госпитальной выживаемости
До 1 года	72,7	45,5
1 год — 18 лет	57,1	28,6
18 лет — 60 лет	66,7	50
старше 60 лет	55,6	44,4

ских медицинских центрах и крупных медицинских учреждениях мегаполисов.

Общее количество стационаров, в которых применяется методика ЭКМО в педиатрической практике — 10, причем 5 из них сконцентрированы в Москве и Санкт-Петербурге.

В то же время если рассмотреть и сравнить российскую и мировую статистику ЭКМО (табл. 2 и 3), то в нашей стране у детей до года отмечается самый лучший результат по отключению ЭКМО, однако выживаемость у самых маленьких пациентов примерно такая же, как у людей старше 60 лет. Отрицательный результат использования ЭКМО (по успешному отключению и госпитальной выживаемости) чаще всего встречается у детей в возрасте от года до 18 лет.

В то же время в международных статистических данных (табл. 3), прослеживается дру-

Таблица 3

Результаты ЭКМО в мире (2017 год) (*Extracorporeal Life Support Organization. ECLS registry report. Ann Arbor: International Summary; 2017*)

Причина подключения ЭКМО / возраст	% успешного отключения	% госпиталь- ной выживае- мости
0 месяцев — 1 год		
Дыхательная недостаточность	84	73
Сердечная недостаточность	64	42
Сердечно-легочная реанимация	66	41
1 год — 18 лет		
Дыхательная недостаточность	67	58
Сердечная недостаточность	68	52
Сердечно-легочная реанимация	57	42
Взрослые		
Дыхательная недостаточность	66	59
Сердечная недостаточность	55	42
Сердечно-легочная реанимация	38	29

гая, вполне логичная закономерность — чем младше пациент, тем успешнее ЭКМО, особенно если показанием к ее применению явилась дыхательная недостаточность.

С чем же связаны неудовлетворительные результаты педиатрической ЭКМО у нас в стране и есть ли смысл рассчитывать на дальнейшее развитие технологии?

На наш взгляд, основная проблема заключается в позднем и/или необоснованном применении методики экстракорпоральной мембранной оксигенации, когда состояние пациента уже агональное и шансы на успех лечения отсутствуют, именно поэтому ЭКМО должна использоваться на ранних стадиях заболевания и рассматриваться как метод стабилизации состояния пациента.

С практической точки зрения, патологические состояния, при которых применяют ЭКМО у детей удобно разделить на врожденные пороки развития (ВПС, пороки развития легких и диафрагмы) и приобретенные заболевания (септический шок, аспирационный и острый респираторный дистресс-синдром, клиническая смерть).

Среди врожденных пороков развития наиболее тяжелое клиническое течение свойственно диафрагмальной грыже, которая характеризуется висцеро-абдоминальной диспропорцией и сопровождается тяжелыми нарушениями оксигенации и симптомами обструктивного кардиогенного шока. Наличие тяжелых нарушений витальных функций обусловлено гипоплазией легких, уменьшением площади поперечного сечения их сосудистого русла, синдромом внутригрудного напряжения и развитием персистирующей легочной гипертензии новорожденных [2, 5].

Применение вено-артериальной ЭКМО в этой ситуации позволяет не только компенсировать газообмен, отказаться от жестких параметров ИВЛ, исключить токсическое воздействие кислорода на организм ребенка, но и значительно снизить нагрузку на сердце, отказаться от высоких доз катехоламинов [1, 4].

Еще более тяжелые гемодинамические изменения отмечаются в послеоперационном периоде, когда грыжевое содержимое низводят в брюшную полость и развивается синдром компартмента и сдавления нижней поллой вены. По этой причине вопрос сроков применения ЭКМО у новорожденных с диафрагмальной грыжей остается открытым, поскольку применение ЭКМО должно обеспечивать стабилизацию состояния ребенка как в пред-, так и послеоперационном периодах [4].

При врожденных пороках сердца необходимость в ЭКМО возникает преимущественно в послеоперационном периоде, при невозможности отключить искусственное кровообращение, при остановке кровообращения и при синдроме малого выброса [6]. Наиболее часто экстракорпоральная мембранная оксигенация используется при таком пороке, как синдром гипоплазии левых отделов сердца.

В патогенезе приобретенных заболеваний неонатального периода существенная роль принадлежит переходному кровообращению. Процесс перехода от плацентарного кровообращения к легочному характеризуется высокой чувствительностью к гипоксии. Любые состояния, сопровождающиеся гипоксией или повышением легочного сосудистого сопротивления (гиперкапния, метаболический ацидоз), могут нарушить это хрупкое нестабильное равновесие и стать причиной развития персистирующей легочной гипертензии. Чаще всего в рутинной клинической практике триггером для развития указанного состояния является изолированная дыхательная недостаточность любого генеза (например, синдром аспирации меко-

Таблица 4

Показания к ЭКМО у детей (*ELSO Guideline, Корнилов И.А., 2018; Van Ommen C.H., 2018*) [7, 8]

При патологии сердца
<ol style="list-style-type: none"> 1. Послеоперационная сердечная недостаточность в операционной (невозможность отключиться от АИК). 2. Острая тяжелая сердечная недостаточность с высоким риском смертности (больше 80%). 3. Концентрация лактата более 5 ммоль/л. 4. Сатурация венозной крови <55% при СИ <2,1 л/м². 5. Выраженная дисфункция желудочков. 6. Невозможность поддержания адекватной гемодинамики, несмотря на оптимальную терапию/инфузию высоких доз кардиотоников. 7. Инотропный индекс >50 в течение 1 часа, или >45 в течение 8 и более часов. 8. Рефрактерные желудочковые аритмии, сопровождающиеся синдромом малого сердечного выброса
При дыхательной недостаточности
<ol style="list-style-type: none"> 1. AaO_2 больше 450 мм рт. ст. (4–12 часов). 2. PaO_2/FiO_2 меньше 150 мм рт. ст. (12 часов). 3. Острое нарушение: PaO_2 меньше 35–40 мм рт. ст. 4. $PiP >35$ см H_2O, $MAP >20$ см H_2O при традиционной ИВЛ, $Paw >20$ см H_2O, $\Delta P >45$ см H_2O при вычочастотной ИВЛ. 5. Индекс оксигенации: <ul style="list-style-type: none"> >60 — 30 минут; >40 — 60 минут; >35 — 6 часов; >30 — 1 сутки; >25 — 3 суток. 6. Синдром утечки воздуха без эффекта от других методов терапии

ния), которая и запускает «порочный круг», в основе которого лежит легочная гипертензия и тяжелая сердечная недостаточность.

Так же как и при диафрагмальной грыже, применение ЭКМО в этой ситуации позволяет стабилизировать гемодинамику и газообмен, отказаться от жестких параметров ИВЛ и высоких доз инотропных препаратов.

Показания к экстракорпоральной мембранной оксигенации в педиатрической практике представлены в табл. 4.

Экстракорпоральная мембранная оксигенация не применяется у недоношенных (срок гестации менее 34 недель) и маловесных (вес менее 2 или 1,7 кг при рождении) детей, у пациентов с хромосомной патологией (за исключением синдрома Дауна), при коагулопатиях, рефрактерных к заместительной терапии, и продолжающемся кровотечении. Кроме этого, ЭКМО не используется у новорожденных со свежим (меньше 3 суток) внутрижелудочковым кровоизлиянием, инкурабельными заболеваниями

Таблица 5

Противопоказания к экстракорпоральной мембранной оксигенации у детей

Новорожденные		Дети старшего возраста	
Абсолютные	Относительные	Абсолютные	Относительные
1. Несовместимые с жизнью хромосомные аномалии (включая трисомию по 13 и 18 паре, но не по 21 паре). 2. Продолжающееся кровотечение. 3. ВЖК III степени и выше	1. Терминальная стадия синдрома полиорганной недостаточности (за исключением случаев, когда ребенок является донором органов). 2. Вес менее 2 кг. 3. Срок гестации <34 недель из-за увеличения частоты ВЖК. 4. Длительность ИВЛ более 10–14 дней. 5. Высокая вероятность летального исхода	1. Летальные хромосомные аномалии. 2. Аллогенная трансплантация костного мозга. 3. Тяжелые неврологические нарушения (ВЖК). 4. Не курабельные злокачественные новообразования	1. Длительность ИВЛ >14 суток. 2. Нейрохирургические вмешательства или ВЖК от 1 до 7 суток. 3. Хронические заболевания с неудовлетворительным долгосрочным прогнозом. Пациенты высокого риска: 1. Коклюшная пневмония или диссеминированный герпес. 2. Цитомегаловирусная инфекция. 3. СПОН. 4. Тяжелая коагулопатия или тромбоцитопения. 5. Пациенты, нуждающиеся в повторном подключении к ЭКМО

легких и почек, а также при использовании жестких параметров искусственной вентиляции в течение двух и более недель.

Противопоказания к применению ЭКМО представлены в табл. 5.

Таким образом, экстракорпоральная мембранная оксигенация является финальной точкой в попытке спасения жизни ребенка, но применима далеко не всегда и не у всех. Кроме того, результаты использования ЭКМО существенно различаются в случаях, когда «катастрофа на горизонте» и когда «катастрофа неизбежна». В случаях, когда «катастрофа неизбежна» использование ЭКМО вряд ли является обоснованным, поскольку не только не оказывает терапевтического эффекта, но и дискредитирует методику в целом.

Существенным ограничением для применения методики ЭКМО в клинической практике является и достаточно высокая стоимость данного варианта терапии.

В 2017 году специалисты ФГБУ «НИМЦ им. В.А. Алмазова» (Санкт-Петербург) произвели подсчет себестоимости самой короткой (5 дней) и самой продолжительной (16 дней) процедуры ЭКМО у детей. В результате получен диапазон от 349 до 750 тысяч рублей. Средняя себестоимость одной процедуры ЭКМО составила 0,18% от всей суммы, выделенной в 2017 году для повышения доступности для населения дорогостоящих видов высо-

котехнологичной медицинской помощи в Санкт-Петербурге.

Необходимо отметить и то, что себестоимость процедуры складывается не только из стоимости контура аппарата ЭКМО с оксигенатором и канюль, но и компонентов крови, лекарственных средств, лабораторных тестов и рентгенологических исследований.

Одним из ограничений к применению ЭКМО у детей является и наличие оптимального оборудования, предназначенного для использования в педиатрии, поэтому даже вопрос выбора самого аппарата ЭКМО сегодня остается открытым.

В настоящее время на рынке присутствует пять производителей — три немецких (Maquet, Medos, Sorin) и два американских (Medtronic, CentiMag), при этом характеристики и производительность аппаратов примерно идентичны. Основным техническим ограничением к применению аппаратов для ЭКМО у детей является наличие сертифицированного педиатрического контура и оксигенатора, который имеется только у Rotaflow (Maquet) и Deltastream (Medos), а также возможностью использования расходных материалов других производителей (имеется у аппаратов фирм Medos, Medtronic, CentiMag, Sorin). Кроме этого, транспортная функция также представлена далеко не во всех аппаратах. Так, например, признанный лидер транспортной ЭКМО (аппарат Cardiohelp,

Maquet) не имеет сертифицированного педиатрического контура и в нем не предусмотрена возможность использования расходного материала других производителей.

Завершая обсуждение вопросов противопоказаний и ограничений к применению экстракорпоральной мембранной оксигенации у детей особенно следует отметить и то, что даже при наличии всего необходимого оборудования и финансового обеспечения, использование данной терапевтической методики невозможно при отсутствии высококвалифицированной команды сплоченных единомышленников, в которую обязательно должны входить такие специалисты, как анестезиолог-реаниматолог, сердечно-сосудистый хирург, фельдшер-перфузионист и медицинская сестра [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Экстракорпоральная мембранная оксигенация является высокоэффективным методом стабилизации и поддержания жизненно важных функций, которая доступна и должна использоваться при критических состояниях у детей, когда все другие методы интенсивной терапии оказываются неэффективными.

2. Применение экстракорпоральной мембранной оксигенации в педиатрии особенно эффективно у детей первого года жизни, страдающих рефрактерной гипоксемической дыхательной недостаточностью, поэтому ее использование оправдано уже на ранних стадиях заболевания.

3. В настоящее время экстракорпоральная мембранная оксигенация — это не терапия отчаяния для умирающего пациента, а метод плановой интенсивной терапии, направленной на стабилизацию состояния ребенка сразу же после диагностики критического состояния при наличии соответствующих показаний.

4. Основными показаниями для применения ЭКМО у детей являются врожденная диафрагмальная грыжа, критические врожденные пороки сердца, сопровождающиеся синдромом малого сердечного выброса, персистирующая легочная гипертензия новорожденных и рефрактерная гипоксемическая дыхательная недостаточность любого генеза.

5. Ятрогенным ограничением к применению ЭКМО является длительное проведение инвазивной искусственной вентиляции легких с «жесткими» параметрами, вызывающими вентилятор-ассоциированное повреждение.

6. Применение экстракорпоральной мембранной оксигенации на поздних стадиях забо-

левания для умирающего пациента не оправдано, поскольку не в силах повлиять на танатогенез и может способствовать дискредитации метода.

Перспективы развития педиатрической службы экстракорпоральной мембранной оксигенации в Российской Федерации:

1. Расширение сети лечебных учреждений, имеющих возможности и опыт применения методики экстракорпоральной мембранной оксигенации у детей.

2. Разработка алгоритма действий лечащего врача (анестезиолога-реаниматолога, неонатолога, педиатра) при наличии у пациента показаний для проведения ЭКМО.

3. Создание Федеральной выездной педиатрической службы экстракорпоральной мембранной оксигенации, обеспечивающей консультацию, лечение на месте и транспортировку детей, нуждающихся в ЭКМО, в соответствующие стационары при отсутствии возможности применения данного метода терапии в лечебном учреждении, где находится пациент.

4. Расширение Национального регистра за счет пациентов детского возраста, у которых использовалась методика ЭКМО с целью повышения ее эффективности, оценки результатов терапии и возможности проведения мультицентровых исследований.

5. Разработка Национальных клинических рекомендаций по экстракорпоральной мембранной оксигенации у детей в критическом состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрович Ю.С., Афуков И.И., Байбарина Е.Н., Буров А.А., Жиркова Ю.В., Степаненко С.М. Интенсивная терапия при врожденной диафрагмальной грыже. Пособие для практикующих врачей. М.; 2011.
2. Александрович Ю.С., Пшеничных К.В. Интенсивная терапия новорожденных. СПб.: Изд-во Н-Л; 2013.
3. Бокерия Л.А., Шаталов К.В., Лобачева Г.В., Харькин А.В., Махалин М.В., Бродский А.Г., Ахтямов Р.Р. Метод экстракорпоральной мембранной оксигенации при лечении сердечной недостаточности у детей раннего возраста в кардиохирургической клинике. Детские болезни сердца и сосудов. 2012; №1: 19–25.
4. Буров А.А., Никифоров Д.В., Подуровская Ю.Л., Дорофеева Е.И., Абрамян М.А., Махалин М.В., Шаталов К.В., Никифоров В.С., Дегтярев Д.Н. Опыт применения экстракорпоральной мембранной оксигенации в терапии критической дыхательной недостаточности у новорожденного с врожденной диафрагмальной грыжей в условиях перинатального центра. Анестезиология и реаниматология. 2013; №6: 33–36.

5. Исаков Ю.Ф., Володин Н.Н., Гераськин А.В. Неонатальная хирургия. М.: Династия; 2011.
6. Корнилов И.А. Экстракорпоральная поддержка жизни в педиатрии. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2018; №22(4): 35–47.
7. Экстракорпоральная мембранная оксигенация. Под ред. Луцевича О.Э. СПб.: Экстен Медикал; 2017.
8. Van Ommen C.H. Neonatal ECMO. C.H. Van Ommen, C.E. Neunert, M.B. Chitlur. *Frontiers in Medicine*. 2018; №5: article 289.

REFERENCES

1. Aleksandrovich YU.S., Afukov I.I., Bajbarina E.N., Burov A.A., ZHirkova YU.V., Stepanenko S.M. Intensivnaya terapiya pri vrozhdennoj diafragmal'noj gryzhe. [Intensive care in congenital diaphragmatic hernia]. *Posobie dlya praktikuyushchih vrachej*. M.; 2011. (in Russian).
2. Aleksandrovich YU.S., Pshenisnov K.V. Intensivnaya terapiya novorozhdenykh. [Intensive care for newborns]. SPb.: Izd-vo N-L; 2013. (in Russian).
3. Bokeriya L.A., SHatalov K.V., Lobacheva G.V., Har'kin A.V., Mahalin M.V., Brodskij A.G., Ahtyamov R.R. Metod ehkstrakorporal'noj membrannoj oksigenacii pri lechenii serdechnoj nedostatochnosti u detej rannego vozrasta v kardiohirurgicheskoy klinike. [Method of extracorporeal membrane oxygenation in the treatment of heart failure in early age children in cardiac clinic]. *Detskie bolezni serdca i sosudov*. 2012; № 1: 19–25. (in Russian).
4. Burov A.A., Nikiforov D.V., Podurovskaya YU.L., Dorofeeva E.I., Abramyan M.A., Mahalin M.V., SHatalov K.V., Nikiforov V.S., Degtyarev D.N. Opyt primeneniya ehkstrakorporal'noj membrannoj oksigenacii v terapii kriticheskoy dyhatel'noj nedostatochnosti u novorozhdyonnogo s vrozhdyonnoy diafragmal'noj gryzhej v usloviyah perinatal'nogo centra. [Use of extracorporeal membrane oxygenation in the treatment of critical respiratory failure in a newborn with congenital diaphragmatic hernia in a perinatal center]. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 2013; № 6: 33–36. (in Russian).
5. Isakov YU.F., Volodin N.N., Geras'kin A.V. Neonatal'naya hirurgiya. [Extracorporeal support of life in Pediatrics]. M.: Dinastiya; 2011. (in Russian).
6. Kornilov I.A. EHkstrakorporal'naya podderzhka zhizni v pediatrii. [Extracorporeal support of life in Pediatrics]. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiohirurgiya*. 2018; № 22(4): 35–47. (in Russian).
7. EHkstrakorporal'naya membrannaya oksigenaciya. [Extracorporeal membrane oxygenation]. Pod red. Lucevicha O.EH. SPb.: EHksten Medikal; 2017. (in Russian).
8. Van Ommen C.H. Neonatal ECMO. C.H. Van Ommen, C.E. Neunert, M.B. Chitlur. *Frontiers in Medicine*. 2018; № 5: article 289.