

ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНАЯ МЕМБРАННАЯ ОКСИГЕНАЦИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ И ПЕРВЫЙ ОПЫТ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЯ АВИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ЭВАКУАЦИИ В РОССИИ

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никитина
(Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);
Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова
(Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41)

На протяжении последнего десятилетия метод экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) получил широкое распространение во многих странах мира. Это обусловлено многими причинами, включая существенный прогресс в экстракорпоральных технологиях, накопление данных, подтверждающих эффективность использования ЭКМО, расширение показаний к клиническому применению данного метода. Опытная врачебная бригада, обладающая необходимым оборудованием, способна обеспечить успешную авиационную медицинскую межбольничную перевозку как пострадавших в чрезвычайных ситуациях, так и больных с тяжелой формой респираторного дистресс-синдрома. Научный обзор публикаций освещает различные аспекты применения ЭКМО, показания к его назначению, данные по эффективности использования указанного метода. Представлен пример успешного использования мембранной оксигенации в ходе авиационной медицинской эвакуации пациента с тяжелой формой дыхательной недостаточности.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, авиационная медицинская эвакуация, пострадавшие, острая дыхательная недостаточность, респираторная поддержка, экстракорпоральная мембранная оксигенация.

Краткая историческая справка и описание метода. Дыхательная недостаточность представляет собою патологический синдром, при котором пациент или не в состоянии поддерживать нормальный газовый состав крови, или его нормализация достигается за счет чрезмерного напряжения компенсаторных механизмов внешнего дыхания [1]. Для острой дыхательной недостаточности (ОДН) характерно стремительное развитие данного синдрома – обычно в течение нескольких минут или часов, реже – суток. В значительной части случаев ОДН представляет реальную угрозу для жизни пациента и требует экстренного применения методов респираторной поддержки, наиболее часто – искусственной вентиляции легких. Развитие ОДН также может наблюдаться у пациентов, имеющих хронические легочное заболевание, – при его выраженном обострении или декомпенсации [3].

К числу наиболее частых причин развития ОДН, требующих оказания экстренной медицинской помощи, относят острые пневмонии; обострение хронической обструктивной патологии легких (ХОБЛ), бронхиальную астму; тяжелую механическую травму; острые отрав-

ления, в том числе – передозировку наркотических и некоторых лекарственных препаратов; термоингаляционную травму; некоторые заболевания и травмы центральной нервной системы [4]. Нередко дыхательная недостаточность той или иной степени выраженности сопутствует заболеваниям сердечно-сосудистой системы.

Подходы к оказанию экстренной медицинской помощи при ОДН определяются тяжестью общеклинических проявлений данного синдрома, а также показателями лабораторного и инструментального обследования: выраженностью гипоксемии и/или гиперкапнии, наличием и степенью значимости сдвигов кислотно-основного состояния крови, данными рентгенологического обследования и т.д. Разумеется, в определенной степени тактика интенсивной терапии зависит и от этиопатогенетических особенностей развития ОДН у конкретного пациента [5].

При особо тяжелых формах ОДН, когда традиционная респираторная поддержка не обеспечивает достижения стабилизации и положительной динамики в состоянии пациента, может быть показано проведение экстракор-

Шелухин Даниил Александрович – канд. мед. наук, зав. отд. анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никитина (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

Павлов Андрей Иванович – зав. отд.-нием скор. мед. помощи, анестезиологии и реанимации, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никитина (194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

Ершов Андрей Львович – канд. мед. наук, доц. каф. скор. мед. помощи, Сев.-Зап. гос. мед. ун-т им. И.И. Мечникова (Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41); e-mail: andyershov@yandex.ru.

поральной мембранной оксигенации (ЭКМО) [6]. В англоязычной литературе, наряду с аббревиатурой ECMO (Extracorporeal membrane oxygenation – экстракорпоральная мембранная оксигенация), все чаще используется аббревиатура ECLS (extracorporeal life support – экстракорпоральная поддержка жизни).

Первые клинические испытания ЭКМО при ОДН были выполнены во второй половине 1970-х – начале 1980-х годов. Однако публикации, относящиеся к указанному времени, свидетельствовали о сомнительной эффективности нового метода, который к тому же вызывал немало побочных эффектов и осложнений [7, 8]. В связи с этим в последующие годы ЭКМО использовалась достаточно ограниченно, преимущественно – в качестве «акта отчаяния» в тех ситуациях, когда возможности всех традиционных методов лечения были уже полностью исчерпаны. Продолжительность экстракорпоральной оксигенации у взрослых обычно не превышала нескольких суток. Результаты применения ЭКМО у новорожденных и детей оказались более обнадеживающими, чем у взрослых пациентов. В неонатальной интенсивной терапии частота использования указанного метода постепенно нарастала [9].

Во время пандемии свиного гриппа 2009 г., вызванной вирусом штамма А (H1N1), у значительной части заболевших отмечалось развитие респираторного дистресс-синдрома взрослых, который отличался тяжестью течения и выраженной резистентностью к общепринятым вариантам интенсивной терапии. Это обстоятельство возродило интерес к ЭКМО не только среди клиницистов, но и у производителей медицинского оборудования [8, 10, 11]. Новые технологии, ставшие доступными к этому моменту, позволили создавать более совершенные медицинские приборы. В частности, были разработаны и запущены в серийное производство не только надежные и удобные в эксплуатации аппараты ЭКМО, но и высококачественные расходные материалы к ним. Клинические испытания новых изделий прошли успешно, наиболее существенные конструктивные недостатки их предшественников были устранены [12–14].

Современный аппарат ЭКМО включает в себя оксигенатор, насос (роликовый или центробежный), контур магистралей для подключения оксигенатора к крупным сосудам пациента, а также органы управления аппаратом и контроля его работы (как минимум, мониторируются температура тела, поток и давление крови внутри магистралей, величина SpO_2) [15].

В настоящее время используются 2 варианта подключения аппарата ЭКМО к пациенту: по вено-венозному контуру (VV ECMO) и по веноартериальному контуру (VA ECMO) [16]. Как в первом, так и во втором случае, кровь пациента по системе магистралей поступает в оксигенатор, где происходит ее насыщение кислородом и освобождение от углекислого газа. После прохождения через оксигенатор кровь возвращается в кровеносное русло. При веноартериальном варианте подключения (рис. 1) пациенту обеспечивается не только респираторная поддержка, но и значительное улучшение основных параметров гемодинамики. В случае использования вено-венозного варианта ЭКМО основной эффект – протезирование функции газообмена в легких [17, 18].

Работа современного аппарата ЭКМО может обеспечивать адекватный газообмен у пациентов с тяжелыми формами дыхательной недостаточности на протяжении многих дней и даже недель. Однако выполнение ЭКМО является весьма ответственной манипуляцией и требует от медицинского персонала специальной теоретической и практической подготовки, хороших мануальных навыков катетеризации магистральных сосудов. Как и многие другие инвазивные процедуры, выполнение ЭКМО содержит в себе риск развития у пациента осложнений, среди которых наиболее часто отмечаются кровотечения, сепсис, почечная недостаточность, ишемия конечности (при установке катетеров в бедренные сосуды) [16, 19].

В некоторых странах с высокоразвитой национальной системой здравоохранения были созданы специальные центры для проведения ЭКМО. В эти центры могут переводить пациентов, у которых данный вид интенсивной терапии был начат в других стационарах, а также тех больных, которым он может оказаться необходимым в самое ближайшее время [6]. Очевидно, что пациенты упомянутых групп в процессе межбольничной транспортировки нуждаются в продолжении эффективной респираторной поддержки (включая экстракорпоральную оксигенацию). Для решения этой задачи были разработаны специальные мобильные варианты аппаратов ЭКМО, а также созданы бригады из квалифицированных реаниматологов и анестезиологов, обученных применять данный метод в специфических условиях медицинской эвакуации.

При формировании синдрома полиорганной недостаточности, когда требуется одновременное протезирование нескольких

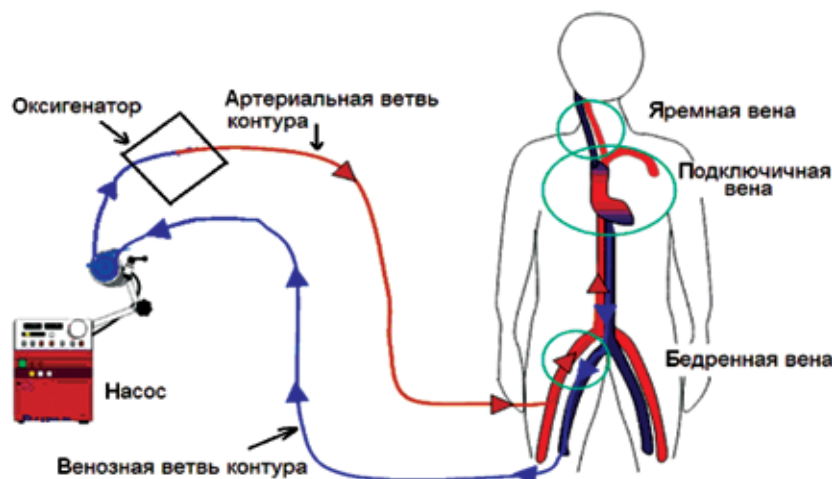


Рис. 1. Схема подключения пациента к аппарату ЭКМО по веноартериальному варианту.

Отмечены сосуды, обычно используемые для забора и возврата крови.

функций организма, в контур аппарата ЭКМО могут встраиваться и другие экстракорпоральные модули. Для этих целей наиболее часто используют диализаторы, позволяющие корригировать водно-электролитные нарушения, обусловленные острой почечной недостаточностью [20, 21]. Очевидно, что появление дополнительных модулей в контуре способствует снижению объемной скорости движения крови и повышает риск тромбоза оксигенатора. В ряде случаев охлаждение крови пациента, находящейся в контуре аппарата, позволяет купировать у больного тяжелый гипертермический синдром [22].

Основные задачи, решаемые у пациентов с ОДН с помощью аппарата ЭКМО.

Как указывалось, основное предназначение аппаратов ЭКМО – обеспечение улучшения оксигенации крови и, тем самым, нормализация снабжения кислородом органов и тканей пациента. Подходы к достижению поставленной задачи могут варьировать не только по причине индивидуальных этиопатогенетических особенностей формирования ОДН у пациента, но и в связи с имеющимися отличиями в национальных стандартах и порядках оказания экстренной помощи. В некоторых случаях крупные центры (отделения) ЭКМО вносят свои коррективы в сложившийся порядок применения мембранной оксигенации у пациентов [23]. Так, например, в некоторых клиниках в ходе ЭКМО достижение уровня SaO_2 свыше 80 % признается вполне достаточным, тогда как в других стационарах удовлетворительными считаются лишь значения данного параметра, превышающие 90 % [24, 25].

Такая неоднородность в подходах к контролю эффективности проводимой терапии

закономерно влечет за собой и некоторые различия в технике выполнения ЭКМО. Это касается подходов к выбору размеров катетеров и диаметра сосудов, подлежащих катеризации; объемной скорости потока крови и кислорода, проходящих через оксигенатор и т. д.

Кроме того, выбор тех или иных параметров проводимой ЭКМО может определяться ожидаемым исходом заболевания у пациента. С точки зрения специалистов по проведению ЭКМО, существенно отличается ситуация, когда восстановление адекватного самостоятельного дыхания и дальнейшее выздоровление у больного вполне ожидаемы, от непродолжительной поддержки газообмена и гемодинамики у лиц с диагностированной смертью мозга – потенциальных доноров органов для трансплантации.

В ходе проведения ЭКМО степень улучшения оксигенации крови и, как следствие, – тканевой определяется величиной объемной скорости крови, проходящей через оксигенатор. Для отображения величины данного параметра может использоваться сопоставление заданной врачом объемной скорости кровотока через аппарат ЭКМО с величиной минутного сердечного объема у пациента (определяется по данным эхокардиографии). Чем ближе первая величина ко второй, тем более значимым будет ожидаемый респираторный и гемодинамический эффект (при подключении по веноартериальному контуру) от осуществляемой экстракорпоральной поддержки.

Эффективность удаления углекислого газа из крови пациента определяется величиной потока кислорода, проходящего через оксигенатор.

При высоких объемных скоростях движения крови через аппарат и близком расположении катетеров, служащих для забора и возврата крови при веновенозном контуре ЭКМО, может возникать эффект рециркуляции. В этом случае кровь, только что прошедшая через аппарат ЭКМО и возвращенная в венозное русло пациента, вновь поступает в экстракорпоральный контур и повторно оксигенируется. Очевидно, что в подобной ситуации терапевтическая эффективность метода значительно снижается. В целях профилактики данного негативного явления по возможности стремятся устанавливать канюли в сосуды, расположенные на значительном удалении друг от друга (например – забор из бедренной вены, а возврат – в подключичную вену). Однако в последние годы были разработаны и начали активно использоваться особые двухпросветные катетеры, которые обеспечивают удовлетворительный забор и возврат крови в аппарат ЭКМО.

Катетеризация сосудов при подключении пациента к аппарату ЭКМО является достаточно ответственной манипуляцией [26]. У взрослых преимущественно используется транскутанный доступ под контролем ультразвуковой визуализации [26]. Хирургическое выделение подходящего для катетеризации сосуда у взрослых используется достаточно редко. Намного чаще приходится применять хирургическое вмешательство после извлечения катетера – для наложения сосудистого шва с целью восстановления кровотока по сосуду.

У детей с массой тела от 10 кг и ниже обычно используют ангиохирургическое вмешательство с выделением сосуда и его катетеризацией. При периферической схеме подключения, как правило, катетеризируются яремная вена и внутренняя сонная артерия. Удаление катетера также предполагает необходимость выполнения сосудистого шва ангиохирургом с восстановлением целостности артерии и/или вены. В ряде случаев у детей с низкой массой тела приходится прибегать к центральной (аорта и правое предсердие) схеме подключения, что может быть сопряжено с большими рисками геморрагических и инфекционных осложнений. Извлечение катетеров возможно только в ходе проведения повторного хирургического вмешательства. У взрослых подобная схема подключения ЭКМО используется значительно реже, в основном в условиях операционной в связи с развившимся посткардиотомическим синдромом. Катетеризация бедренных сосудов в целях обеспечения сосудистого доступа для проведения ЭКМО в 10 % случаев сопровож-

дается развитием тех или иных осложнений, включая глубокую ишемизацию нижней конечности и даже ее ампутацию [27–29]. Среди других осложнений, связанных с проведением ЭКМО, описаны кровотечения, инфекции, тромбоэмболии [29]. Вероятность возникновения указанных осложнений широко варьирует и зависит от многих факторов. Риск их развития может резко возрастать при некоторых специфических ситуациях: подключение пациента к аппарату ЭКМО в ходе сердечно-легочной реанимации повышает вероятность развития геморрагического инсульта, в то время как риск сильного кровотечения наиболее высок у пациентов с политравмой, полиорганной недостаточностью, а также у лиц, находящихся на искусственной вентиляции легких более 7 сут.

Достаточно ответственной является проблема адекватной гепаринизации крови в ходе проведения ЭКМО. Необходимо достижение баланса между риском развития у пациента сильного кровотечения и вероятностью возникновения тромбоза экстракорпорального контура [30]. Дозы и наименования препаратов, используемых для этой цели, существенно отличаются в зависимости от сложившихся предпочтений в том или ином лечебном учреждении, а также от материалов, использованных при производстве контура к аппарату, и оксигенатора. Также вариабельны критерии лабораторного и инструментального контроля эффективности проводимой гепаринизации, принятые в тех или иных стационарах [23, 30–32].

Показания и противопоказания к назначению ЭКМО. За последние десятилетия произошла существенная переоценка показаний и противопоказаний к проведению ЭКМО. Как указывалось, первоначально данный метод использовался исключительно в качестве последнего резерва у пациентов с ОДН, имеющих крайне сомнительный или неблагоприятный ближайший прогноз, после того как все остальные способы лечения оказались неэффективными.

В настоящее время показания к применению ЭКМО значительно расширены, хотя и остаются не вполне четко очерченными. Сейчас данный метод наиболее часто используют у пациентов с кардиогенным шоком [33]; у больных, успешно реанимированных после остановки сердечной деятельности, а также у лиц с наиболее скоротечными и тяжелыми вариантами формирования ОДН [18, 34, 35]. Подключение пациента к ЭКМО в данных ситуациях позволяет стабилизировать состояние

пациента и предоставляет возможность выполнить необходимый объем диагностических исследований, а также, при необходимости, скорректировать проводимую интенсивную медикаментозную терапию [18, 36]. В некоторых случаях ЭКМО расширяет временной интервал для пациентов, ожидающих трансплантации донорского органа [37].

Как ни покажется странным, до сравнительно недавнего времени целесообразность проведения ЭКМО при оказании экстренной помощи лицам с ОДН оставалась предметом оживленной дискуссии. Однако число пациентов, у которых этот вид экстракорпоральной поддержки был применен с хорошим эффектом, неуклонно растет. В настоящее время споры ведутся преимущественно вокруг уточнения оптимальных сроков назначения ЭКМО, а также некоторых аспектов проведения медикаментозной терапии на фоне выполнения данного метода у больных в критическом состоянии [8, 17, 36]. В целом, эффективность самой ЭКМО при выраженной ОДН, резистентной к другим вариантам респираторной поддержки, уже не оспаривается.

С момента своего клинического внедрения ЭКМО с осторожностью назначали у пациентов с сепсисом и выраженной иммуносупрессией, однако теперь это противопоказание не является общепризнанным. Появляются сообщения о том, что ЭКМО повышает вероятность благоприятного исхода в данной группе больных [38].

Кроме того, из-за риска возникновения профузных кровотечений на протяжении многих лет ЭКМО не использовалась у пациентов с механической травмой или имеющих в ближайшем анамнезе геморрагические эпизоды. Однако в настоящее время и эти противопоказания не столь категоричны. Появляются публикации, свидетельствующие об эффективности данного метода как при механической травме, так и у лиц, перенесших кровотечения [39].

Исход применения ЭКМО определяется многими факторами. К наиболее значимым из них относят тяжесть ОДН, возраст пациента, его массу тела, наличие и характер сопутствующей патологии. На прогноз также оказывают влияние некоторые осложнения, развившиеся уже в ходе выполнения ЭКМО. Среди последних наибольшее негативное влияние в отношении жизни пациента оказывают геморрагический инсульт и тромбоэмболии [40].

Статистическая оценка эффективности включения ЭКМО в комплексную интенсив-

ную терапию пациентов с тяжелой ОДН до настоящего времени остается спорной. Это обстоятельство во многом определяется сложностями (в основном связанными с этическими соображениями) создания однородных рандомизированных групп сравнения [8].

С 1989 г. Организация по экстракорпоральной поддержке жизни (The Extracorporeal Life Support Organization, ELSO) объединяет специалистов в области ЭКМО. По данным на начало 2015 г., Международный регистр, созданный ELSO, содержит информацию о более чем 65 тыс. пациентов, в комплексное лечение которых была включена ЭКМО (36 909 новорожденных, 16 725 детей более старшего возраста и 11 588 взрослых) [41]. В соответствии с данными ELSO, у 60 % больных из этой когорты были достигнуты хорошие результаты лечения, они были отключены от аппарата в связи со стойким улучшением состояния. Необходимо заметить, что полученные данные заметным образом отличались в разных возрастных группах и зависели от характера заболевания, вызвавшего развитие ОДН, а также от уровня оснащенности клинического центра по проведению ЭКМО [41]. Наиболее обнадеживающие результаты были получены при лечении кардиогенного шока (как у детей, так и у взрослых) [42], а также в ходе применения ЭКМО у новорожденных и детей младшего возраста с ОДН, рефрактерной к обычным методам респираторной поддержки. Это обстоятельство позволило экспертному сообществу рекомендовать включение ЭКМО в стандарты оказания помощи при перечисленных выше заболеваниях и патологических состояниях.

Данные по использованию ЭКМО у взрослых, страдающих хроническими декомпенсированными заболеваниями сердца, легких, а также находящихся в состоянии полиорганной недостаточности, не столь однозначны и требуют продолжения исследований с углубленным анализом полученной информации.

Личное наблюдение успешного использования метода ЭКМО при межгоспитальной аэромобильной эвакуации пациента с тяжелой ОДН. Пациент К., 20 лет, военнослужащий, находился на лечении в медицинской части, расположенной на Северном Кавказе, с диагнозом острый бронхит. Получал стандартное этиотропное, дезинтоксикационное и симптоматическое лечение. По истечении 4 сут с момента госпитализации состояние пациента резко ухудшилось, что было обусловлено развитием пневмонии, осложненной тяжелой ОДН. Было принято решение об экстренном



Рис. 2. Рентгенограмма грудной клетки пациента К., выполненная во время его нахождения в ОРИТ ЦРБ.

переводе больного в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) ближайшей центральной районной больницы (ЦРБ).

При поступлении в ОРИТ состояние пациента было расценено как крайне тяжелое, что определялось субтотальной пневмонией, ОДН, формированием респираторного дистресс-синдрома взрослых (рис. 2).

С учетом критической тяжести состояния больного перевод пациента в ОРИТ при крупном стационаре, позволяющем провести углубленную инструментально-лабораторную диагностику и обладающего расширенными возможностями в выполнении интенсивной терапии, не представлялся возможным. В то же время, респираторная терапия, проводимая в ОРИТ, оказалась малоэффективной, несмотря на многочисленные попытки индивидуального подбора режима и параметров искусственной вентиляции легких.

В ЦРБ больной был проконсультирован ведущими специалистами кафедры анестезиологии и реаниматологии (нач. кафедры – д-р мед. наук проф. А.В. Щеголев) Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург). Состояние пациента признано критическим, перспективы благоприятного исхода при продолжении лечения в условиях ОРИТ ЦРБ были расценены как крайне сомнительные.

Несмотря на критическое состояние пациента и высокий риск эвакуации, было принято решение о переводе его в клинику Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова при условии предварительного подключения к аппарату ЭКМО и непрерывного проведения данного метода интенсивной терапии в процессе транспортировки [2]. При данных обстоятельствах эвакуация могла быть осуществлена только с использованием авиационного транспорта.

В настоящее время на территории России реализация подобного решения сопряжена с большими трудностями, в том числе – техническими. Выполнение поставленной задачи осложняется тем, что аппараты ЭКМО в нашей стране не выпускают, а число указанных импортных приборов (особенно в транспортном исполнении) в России крайне ограничено. Стоимость расходных материалов для проведения ЭКМО достаточно высокая, и их применение не покрывается программами медицинского страхования. Для медицинской эвакуации пациента в клинику Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова была привлечена выездная анестезиолого-реанимационная бригада Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова (ВЦЭРМ МЧС России). Указанная бригада имеет необходимое оборудование и обладает опытом работы. Специалисты вылетели из Санкт-Петербурга к больному.

В условиях ОРИТ ЦРБ пациенту были выполнены катетеризация вен и подключение к транспортному аппарату ЭКМО по вено-венозному контуру (рис. 3). На момент первичного осмотра: $SpO_2 = 78\%$; $SvO_2 = 20\%$, $SaO_2 = 60\%$ (при искусственной вентиляции легких с $FiO_2 = 100\%$), индекс оксигенации (PaO_2 / FiO_2) = 60 мм рт. ст.

Через 10 мин после начала ЭКМО показатели газового состава крови у больного нормализовались и в дальнейшем стабилизировались на удовлетворительных значениях. Был проведен консилиум врачей. Больной признан транспортабельным при условии сопровождения реанимационной бригадой ВЦЭРМ МЧС России и продолжающейся ЭКМО.

Медицинская эвакуация состояла из нескольких этапов (рис. 4–7). На реанимобиле пациент был доставлен к ближайшей площадке, на которой смог приземлиться транспортный вертолет МИ-26 Военно-воздушных сил Минобороны России. Автомобиль с пациентом, находящимся под непрерывным наблюдением реанимационной бригады и мониторингом, был размещен в грузовом отсеке вертолета. МИ-26 доставил автомобиль в аэропорт г. Минеральные Воды, где пациент был перемещен в салон самолета МЧС России (АН-148), прибывшего за ним из Москвы. На борту самолета больной был расположен на специальном медицинском модуле, разработанном для размещения в процессе эвакуации лежачих пациентов в тяжелом и крайне тяжелом состоянии. Модуль не только позволяет с удобством располагать пациентов, но и обе-



Рис. 3. Пациент подключен к аппарату транспортной ЭКМО по вено-венозному контуру.



Рис. 4. Медицинская каталка с пациентом устанавливается в реанимобиль. Аппарат ЭКМО фиксируется на ножном конце каталки.



Рис. 5. Реанимобиль с пациентом размещен на борту военно-транспортного вертолета.



Рис. 6. Этап погрузки носилок с пациентом и медицинским оборудованием на борт самолета АН-148 МЧС России. Используется специальное подъемное устройство.



Рис. 7. Пациент размещен на медицинском самолетном модуле в салоне АН-148 МЧС России. Во время полета продолжалось проведение ЭКМО, интенсивной терапии и наблюдения за больным.

спечивает их надежную фиксацию во время полета, а также дает возможность проведения в необходимом объеме интенсивного лечения, наблюдения и ухода.

После прибытия самолета в аэропорт Санкт-Петербурга больной вновь был перегружен на автомобиль скорой медицинской помощи и доставлен в клинику Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. Общее время эвакуации составило более 5 ч, на протяжении всего этого периода продолжалась ЭКМО транспортным аппаратом. Ухудшения состояния пациента во время эвакуации не отмечено. На фоне проводимой интенсивной терапии параметры газового состава крови, кислотно-основного состояния, показатели гемодинамики – на удовлетворительном уровне.

В момент поступления в клинику анестезиологии и реанимации состояние больного было расценено как крайне тяжелое, но стабильное. На 6-е сутки нахождения в клинике отмечена положительная динамика, что позволило начать процедуру постепенного отлучения от ЭКМО.

Общее время пациента на ЭКМО составило 7 сут. В представленном наблюдении указанного срока оказалось достаточно для улучшения респираторной функции легких больного и возможности поддержания газообмена стандартными обычными методами респираторной поддержки (искусственной вентиляции легких). На 28-е сутки с момента развития выраженной дыхательной недостаточности пациент был переведен на спонтанное дыхание через естественные дыхательные пути. На момент написания данной статьи он проходит реабилитационное лечение и готовится к возвращению на место службы.

Насколько нам известно, это первый в России случай успешного применения метода ЭКМО на догоспитальном этапе во время межбольничной авиационной медицинской эвакуации пациента с крайне тяжелой формой дыхательной недостаточности.

Выводы

ЭКМО представляет собою современный высокоэффективный метод интенсивной терапии у пациентов с тяжелыми формами дыхательной недостаточности, резистентными к другим видам респираторной поддержки. В связи с этим представляется, что на территории России, по аналогии с ведущими странами мира, при крупнейших стационарах целесообразно создать несколько специализированных центров или крупных клинических подразделений ЭКМО. Вероятно, данные

структуры могут формироваться на межрегиональной основе (как вариант размещения – в европейской части страны, в Уральском регионе, Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке). Указанные центры должны иметь возможность обеспечения круглосуточного приема профильных пациентов, необходимого объема обследования, эффективной респираторной поддержки (включая метод ЭКМО и заместительную почечную терапию) пациентов с крайне тяжелыми формами острой дыхательной недостаточности.

Кроме того, подобные отделения могли бы обеспечить дистанционную консультативную работу в лечебно-профилактическом учреждении закрепленного за ними региона по вопросам ведения пациентов с тяжелыми формами острой дыхательной недостаточности.

Наряду с этим, необходимо более широкое внедрение метода транспортной ЭКМО в работу региональных подразделений санитарной авиации России, обеспечивающих межбольничную медицинскую эвакуацию пациентов, в том числе – с тяжелыми формами дыхательной недостаточности.

Литература

1. Дембо А. Г. Недостаточность функции внешнего дыхания. Л. : М., 1957. 304 с.
2. Власов А.Ю. Щеголев А.В., Курсансеитов М.М. [и др.]. Первый опыт транспортировки больного с тяжелой дыхательной недостаточностью в условиях экстракорпоральной мембранной оксигенации // Воен.-мед. журн. 2015. № 4. С. 22–27.
3. Зильбер А.П. Дыхательная недостаточность. М. : Медицина, 1989. 186 с.
4. Ершов А.Л. Щуров А.Ю. Анализ применения ИВЛ при оказании специализированной скорой медицинской помощи // Врач скорой помощи. 2014. № 7. С. 23–31.
5. Шанин Ю.Н. Реанимационная терапия острых дыхательных расстройств // Цыбуляк Г.Н., Шанин Ю.Н., Костюченко А.А. [и др.]. Реаниматология. Л. : Медицина, 1975. С. 39–106.
6. Gattinoni L., Carlesso E., Langer T. Clinical review: Extracorporeal membrane oxygenation // Crit. Care. 2011. Vol. 15, N 6. P. 243.
7. Zapol W.M., Sinder M.T., Hill J.D. [et al.]. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. A randomized prospective study // JAMA. 1979. Vol. 242, N 20. P. 2193–2196.
8. Peek G.J., Mugford M., Tiruvoipati R. [et al.]. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicenter randomized controlled trial // Lancet. 2009. Vol. 374. P. 1351–1363.
9. McNally H., Bennett C.C., Elbourne D., Field D.J. United Kingdom collaborative randomized trial of

neonatal extracorporeal membrane oxygenation: follow-up to age 7 years // *Pediatrics*. 2006. Vol. 117, N 5. P. e845–854.

10. Noah M.A., Peek G.J., Finney S.J. [et al.]. Referral to an extracorporeal membrane oxygenation center and mortality among patients with severe 2009 influenza A(H1N1) // *JAMA*. 2011. Vol. 306. P. 1659–1668.

11. Johnson A.P., Cavarocchi N.C., Hirose H. Ventilator strategies for VV ECMO management with concomitant tracheal injury and H1N1 influenza // *Heart Lung Vessel*. 2015. Vol. 7, N 1. P. 74–80.

12. Rastan A.J., Dege A., Mohr M. [et al.]. Early and late outcomes of 517 consecutive adult patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for refractory postcardiotomy cardiogenic shock // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010. Vol. 139. P. 302–311.

13. Combes A., Bacchetta M., Brodie D. [et al.]. Extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure in adults // *Curr. Opin. Crit. Care*. 2012. Vol. 18. P. 99–114.

14. Malgon I., Greenhalgh D. Extracorporeal membrane oxygenation as an alternative to ventilation // *Curr. Opin. Anaesthesiol.* 2013. Vol. 26. P. 47–52.

15. Butt W., MacLaren G. Extracorporeal membrane oxygenation // *Prime Reports*. 2013. N 5. P. 55–61.

16. Aghili N., Kang S., Kapur N.K. The fundamentals of extra-corporeal membrane oxygenation // *Minerva Cardioangiol.* 2015. Vol. 63, N 1. P. 75–85.

17. Lee J.J., Hwang S.M., Ko J.H. [et al.]. Efficacy of veno-venous extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure // *Yonsei Med. J.* 2015. Vol. 56, N 1. P. 212–219.

18. Lawson W.E., Koo M. Percutaneous Ventricular Assist Devices and ECMO in the Management of Acute Decompensated Heart Failure // *Clin. Med. Insights Cardiol.* 2015. Vol. 9, N 1, Suppl. 1. P. 41–48.

19. Bembea M.M. Complications during extracorporeal membrane oxygenation: why collaboration is key // *Pediatr. Crit. Care Med.* 2015. Vol. 16, N 2. P. 193–195.

20. Thajudeen B., Kamel M., Arumugam C. [et al.]. Outcome of patients on combined extracorporeal membrane oxygenation and continuous renal replacement therapy: a retrospective study // *Int. J. Artif. Organs*. 2015. Vol. 38, N 13. P. 133–137.

21. Chen H., Yu R.G., Yin N.N., Zhou J.X. Combination of extracorporeal membrane oxygenation and continuous renal replacement therapy in critically ill patients: a systematic review // *Crit. Care*. 2014. Vol. 18, N 6. P. 675.

22. Morley D., Yamane K., O'Malley R. [et al.]. Rewarming for accidental hypothermia in an urban medical center using extracorporeal membrane oxygenation // *Am. J. Case Rep.* 2013. Vol. 1. P. 6–9.

23. Fleming G.M., Gupta M., Cooley E. et al. Maintaining the standard: a quality assurance study for new equipment in the Michigan ECMO Program // *ASAIO J.* 2007. Vol. 53, N 5. P. 556–560.

24. Randolph A.G. Management of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome in children // *Crit. Care Med.* 2009. Vol. 37, N 8. P. 2448–2454.

25. Kneyber M.C., Markhorst D.G. Management of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome in children: a different perspective // *Crit. Care Med.* 2009. Vol. 37, N 12. P. 3191–3192.

26. Conrad S.A., Grier L.R., Scott L.K. [et al.]. Percutaneous cannulation for extracorporeal membrane oxygenation by intensivists: a retrospective single-institution case series // *Crit. Care Med.* 2015. Vol. 43, N 5. P. 1010–1015.

27. Prashant N.M., Fatullayev J., Maunz O. [et al.]. Distal Limb Perfusion: Achilles' Heel in Peripheral Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation // *Artificial Organs*. 2014. Vol. 38, N 11. P. 940–944.

28. Gander J.W., Gander J.W., Jason C. [et al.]. Limb ischemia after common femoral artery cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: an unresolved problem // *J. of Pediatric Surgery*. 2010. Vol. 45, N 11. P. 2136–2140.

29. Aubron C., Cheng A.C., Pilcher D. [et al.]. Factors associated with outcomes of patients on extracorporeal membrane oxygenation support: a 5-year cohort study // *Critical Care*. 2013. Vol. 17, N 2. P. 73.

30. Colby C.E., Sheehan A., Benitz W. [et al.]. Maintaining adequate anticoagulation on extracorporeal membrane oxygenation therapy: Hemochron Junior Low Range versus Hemochron 400 // *J. Extra Corpor. Technol.* 2003. Vol. 35, N 1. P. 35–38.

31. Görlinger K., Bergmann L., Dirkmann D. Coagulation management in patients undergoing mechanical circulatory support // *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* 2012. Vol. 26, N 2. P. 179–198.

32. Dobrovolskaia M.A., McNeil S.E. Safe anticoagulation when heart and lungs are "on vacation" // *Ann. Transl. Med.* 2015. N 3, Suppl. 1. S. 11.

33. Lawler P.R., Silver D.A., Scirica B.M. [et al.]. Extracorporeal membrane oxygenation in adults with cardiogenic shock // *Circulation*. 2015. Vol. 17, N 131. P. 676–680.

34. Jones D., Hilton A., Bellomo R. Extracorporeal membrane oxygenation for in-hospital cardiac arrests: the rise of the machines // *Crit. Care Resusc.* 2015. Vol. 17, N 1. P. 3–5.

35. Alzeer A.H., Otair H.A., Khurshid S.M. [et al.]. A case of near fatal asthma: The role of ECMO as rescue therapy // *Ann. Thorac. Med.* 2015. Vol. 10, N 2. P. 143–145.

36. Harthan A.A., Buckley K.W., Heger M.L. [et al.]. Medication adsorption into contemporary extracorporeal membrane oxygenator circuits // *J. Pediatr. Pharmacol. Ther.* 2014. Vol. 19, N 4. P. 288–295.

37. Toyoda Y., Bhamra J.K., Shigemura N. [et al.]. Efficacy of extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to lung transplantation // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013. Vol. 145, N 4. P. 1065–1070.

38. Phillips M.R., Khoury A.L., Stephenson B.J. [et al.]. Outcomes of pediatric patients with abdominal sepsis requiring surgery and extracorporeal membrane oxygenation using the Extracorporeal Life Support Organization database // *Am. Surg.* 2015. Vol. 81, N 3. P. 245–251.

39. Wu S.C., Chen W.T., Lin H.H. [et al.]. Use of extracorporeal membrane oxygenation in severe

traumatic lung injury with respiratory failure // *Am. J. Emerg. Med.* 2015. Vol. 33, N 5. P. 658–662.

40. Dela Cruz T.V., Stewart D.L., Winston S.J. [et al.]. Risk factors for intracranial hemorrhage in the extracorporeal membrane oxygenation patient // *J. Perinatol.* 1997. Vol. 17, N 1. P. 18–23.

41. Barbaro R.P., Odetola F.O., Kidwell K.M. [et al.]. Association of hospital-level volume of extracorporeal

membrane oxygenation cases and mortality. Analysis of the extracorporeal life support organization registry // *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.* 2015. Vol. 191, N 8. P. 894–901.

42. Mosesso V.N., Liebman J. Back from the brink. Emergency cardiopulmonary bypass creates potential for saving the nearly dead // *JEMS.* 2014. Vol. 39, N 12. P. 50–53, 57.

Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh [Medical-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2015. N 3. P. 24–34.

Shelukhin D.A., Pavlov A.I., Ershov A.L. Ekstrakorporal'naya membrannaya oksigenatsiya u patsientov s tyazheloi dykhatel'noi nedostatochnost'yu i pervyi opyt ee primeneniya vo vremya aviatsionnoi meditsinskoi evakuatsii v Rossii [Extracorporeal membrane oxygenation for patients with severe respiratory failure. Case report: first time in Russia inter-hospital aeromedical transportation of the patient with severe acute respiratory failure on extracorporeal membrane oxygenation].

The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia
(Russia, 194044, Saint-Petersburg, Academica Lebedeva Str., 4/2);

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, (Russia, 191015, Saint-Petersburg, Kirochnaya Str. 41)

Shelukhin Daniil Aleksandrovich – PhD Med. Sci., Head of Department of Anesthesiology and Intensive Care, the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (Russia, 194044, Saint-Petersburg, Academica Lebedeva Str., 4/2);

Pavlov Andrei Ivanovich – Head of the Department of Emergency Medical Care, Anesthesiology and Intensive Care, the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (Russia, 194044, Saint-Petersburg, Academica Lebedeva Str., 4/2);

Ershov Andrei L'vovich – PhD Med. Sci., Associate Prof. of Department of Emergency Medical Care, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, (Russia, 191015, Saint-Petersburg, Kirochnaya Str. 41); e-mail: andyershov@yandex.ru.

Abstract. In many countries the use of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) has rapidly expanded over the past decade. The increase in ECMO use is a consequence of multiple factors including significant advancements in extracorporeal technology, the emergence of data supporting its use, and a growing number of potential clinical applications. Experienced, equipped specialty teams can successfully transport patients with severe acute respiratory distress syndrome by helicopters and airplanes. Literature review focuses on the various modes of ECMO as well as the clinical indications and available evidence for the use of extracorporeal support. A case report is provided concerning successful extracorporeal membrane oxygenation during aeromedical evacuation of a patient with severe respiratory failure.

Keywords: emergency; aeromedical evacuation; injured; acute respiratory failure, respiratory support, extracorporeal membrane oxygenation.

References

1. Dembo A. G. Nedostatochnost' funktsii vneshnego dykhaniya [Respiratory insufficiency]. Leningrad : Moskva. 1957. 304 p. (In Russ.)

2. Vlasov A.Yu. Shchegolev A.V., Kursanseitov M.M. [et al.]. Pervyi opyt transportirovki bol'nogo s tyazheloi dykhatel'noi nedostatochnost'yu v usloviyakh ekstrakorporal'noi membrannoi oksigenatsii [The first experience of transporting a patient with severe respiratory failure in a ekstrakorporalnoy membrane oxygenation]. *Voenna-meditsinskii zhurnal* [Military medical journal]. 2015. N 4. Pp. 22–27.

3. Malyshev V. D. Ostraya dykhatel'naya nedostatochnost' [Acute respiratory failure]. Moskva. 1982. 239 p. (In Russ.)

4. Zil'ber A.P. Dykhatel'naya nedostatochnost' [Respiratory failure]. Moskva. 1989. 186 p. (In Russ.)

5. Ershov A.L. Shchurov A.Yu. Analiz primeneniya IVL pri okazanii spetsializirovannoi skoroi meditsinskoi pomoshchi [Prehospital mechanical ventilation by anesthesiologist-staffed ambulance brigades. Retrospective analysis]. *Vrach skoroi pomoshchi* [Emergency Doctor]. 2014. N 7. Pp. 23–31. (In Russ.)

6. Shanin Yu.N. Reanimatsionnaya terapiya ostryykh dykhatel'nykh rasstroistv [Resuscitation in patients with acute respiratory failure]. Tsybulyak G.N., Shanin Yu.N., Kostyuchenko A.A. [et al.]. *Reanimatologiya* [Resuscitation]. Leningrad. 1975. Pp. 39–106. (In Russ.)

7. Gattinoni L., Carlesso E., Langer T. Clinical review: Extracorporeal membrane oxygenation. *Crit. Care.* 2011. Vol. 15, N 6. Pp. 243. Doi: 10.1186/cc10490.

8. Zapol W.M., Sinder M.T., Hill J.D. [et al.]. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. A randomized prospective study // *JAMA.* 1979. Vol. 242, N 20. P. 2193–2196.

9. Peek G.J., Mugford M., Tiruvoipati R. [et al.]. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicenter randomized controlled trial. *Lancet.* 2009. Vol. 374. Pp. 1351–1363.

10. McNally H., Bennett C.C., Elbourne D., Field D.J. United Kingdom collaborative randomized trial of neonatal extracorporeal membrane oxygenation: follow-up to age 7 years. *Pediatrics.* 2006. Vol. 117, N 5. Pp. e845–854.

11. Noah M.A., Peek G.J., Finney S.J. [et al.]. Referral to an extracorporeal membrane oxygenation center and mortality among patients with severe 2009 influenza A(H1N1). *JAMA.* 2011. Vol. 306. Pp. 1659–1668.

12. Johnson A.P., Cavarocchi N.C., Hirose H. Ventilator strategies for VV ECMO management with concomitant tracheal injury and H1N1 influenza. *Heart Lung Vessel.* 2015. Vol. 7, N 1. P. 74–80.

13. Rastan A.J., Dege A., Mohr M. [et al.]. Early and late outcomes of 517 consecutive adult patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for refractory postcardiotomy cardiogenic shock. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010. Vol. 139. Pp. 302–311.
14. Combes A., Bacchetta M., Brodie D. [et al.]. Extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure in adults. *Curr. Opin. Crit. Care.* 2012. Vol. 18. Pp. 99–114.
15. Malgon I., Greenhalgh D. Extracorporeal membrane oxygenation as an alternative to ventilation. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* 2013. Vol. 26. Pp. 47–52.
16. Butt W., MacLaren G. Extracorporeal membrane oxygenation. *Prime Reports.* 2013. N 5. Pp. 55–61.
17. Aghili N., Kang S., Kapur N.K. The fundamentals of extra-corporeal membrane oxygenation. *Minerva Cardioangiol.* 2015. Vol. 63, N 1. Pp. 75–85.
18. Lee J.J., Hwang S.M., Ko J.H. [et al.]. Efficacy of veno-venous extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. *Yonsei Med. J.* 2015. Vol. 56, N 1. Pp. 212–219.
19. Lawson W.E., Koo M. Percutaneous Ventricular Assist Devices and ECMO in the Management of Acute Decompensated Heart Failure. *Clin. Med. Insights Cardiol.* 2015. Vol. 9, N 1, Suppl. 1. Pp. 41–48.
20. Bembea M.M. Complications during extracorporeal membrane oxygenation: why collaboration is key. *Pediatr. Crit. Care Med.* 2015. Vol. 16, N 2. Pp. 193–195.
21. Thajudeen B., Kamel M., Arumugam C. [et al.]. Outcome of patients on combined extracorporeal membrane oxygenation and continuous renal replacement therapy: a retrospective study. *Int. J. Artif. Organs.* 2015. Vol. 38, N 13. Pp. 133–137.
22. Chen H., Yu R.G., Yin N.N., Zhou J.X. Combination of extracorporeal membrane oxygenation and continuous renal replacement therapy in critically ill patients: a systematic review. *Crit. Care.* 2014. Vol. 18, N 6. Pp. 675. Doi: 10.1186/s13054-014-0675-x.
23. Morley D., Yamane K., O'Malley R. [et al.]. Rewarming for accidental hypothermia in an urban medical center using extracorporeal membrane oxygenation. *Am. J. Case Rep.* 2013. Vol. 1. Pp. 6–9.
24. Fleming G.M., Gupta M., Cooley E. et al. Maintaining the standard: a quality assurance study for new equipment in the Michigan ECMO Program. *ASAIO J.* 2007. Vol. 53, N 5. Pp. 556–560.
25. Randolph A.G. Management of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome in children. *Crit. Care Med.* 2009. Vol. 37, N 8. Pp. 2448–2454.
26. Kneyber M.C., Markhorst D.G. Management of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome in children: a different perspective. *Crit. Care Med.* 2009. Vol. 37, N 12. Pp. 3191–3192.
27. Conrad S.A., Grier L.R., Scott L.K. [et al.]. Percutaneous cannulation for extracorporeal membrane oxygenation by intensivists: a retrospective single-institution case series. *Crit. Care Med.* 2015. Vol. 43, N 5. Pp. 1010–1015.
28. Prashant N.M., Fatullayev J., Maunz O. [et al.]. Distal Limb Perfusion: Achilles' Heel in Peripheral Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Artificial Organs.* 2014. Vol. 38, N 11. Pp. 940–944.
29. Gander J.W., Gander J.W., Jason C. [et al.]. Limb ischemia after common femoral artery cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: an unresolved problem. *J. of Pediatric Surgery.* 2010. Vol. 45, N 11. Pp. 2136–2140.
30. Aubron C., Cheng A.C., Pilcher D. [et al.]. Factors associated with outcomes of patients on extracorporeal membrane oxygenation support: a 5-year cohort study. *Critical Care.* 2013. Vol. 17, N 2. P. 73. Doi: 10.1186/cc12681.
31. Colby C.E., Sheehan A., Benitz W. [et al.]. Maintaining adequate anticoagulation on extracorporeal membrane oxygenation therapy: Hemochron Junior Low Range versus Hemochron 400. *J. Extra Corpor. Technol.* 2003. Vol. 35, N 1. Pp. 35–38.
32. Görlinger K., Bergmann L., Dirkmann D. Coagulation management in patients undergoing mechanical circulatory support. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* 2012. Vol. 26, N 2. Pp. 179–198.
33. Dobrovolskaia M.A., McNeil S.E. Safe anticoagulation when heart and lungs are "on vacation" // *Ann. Transl. Med.* 2015. N 3, Suppl. 1. S. 11. Doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2015.02.03.
34. Lawler P.R., Silver D.A., Scirica B.M. [et al.]. Extracorporeal membrane oxygenation in adults with cardiogenic shock. *Circulation.* 2015. Vol. 17, N 131. Pp. 676–680.
35. Jones D., Hilton A., Bellomo R. Extracorporeal membrane oxygenation for in-hospital cardiac arrests: the rise of the machines. *Crit. Care Resusc.* 2015. Vol. 17, N 1. Pp. 3–5.
36. Alzeer A.H., Otair H.A., Khurshid S.M. [et al.]. A case of near fatal asthma: The role of ECMO as rescue therapy. *Ann. Thorac. Med.* 2015. Vol. 10, N 2. Pp. 143–145.
37. Harthan A.A., Buckley K.W., Heger M.L. [et al.]. Medication adsorption into contemporary extracorporeal membrane oxygenator circuits. *J. Pediatr. Pharmacol. Ther.* 2014. Vol. 19, N 4. Pp. 288–295.
38. Toyoda Y., Bhama J.K., Shigemura N. [et al.]. Efficacy of extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to lung transplantation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013. Vol. 145, N 4. Pp. 1065–1070.
39. Phillips M.R., Khoury A.L., Stephenson B.J. [et al.]. Outcomes of pediatric patients with abdominal sepsis requiring surgery and extracorporeal membrane oxygenation using the Extracorporeal Life Support Organization database. *Am. Surg.* 2015. Vol. 81, N 3. Pp. 245–251.
40. Wu S.C., Chen W.T., Lin H.H. [et al.]. Use of extracorporeal membrane oxygenation in severe traumatic lung injury with respiratory failure. *Am. J. Emerg. Med.* 2015. Vol. 33, N 5. Pp. 658–662.
41. Dela Cruz T.V., Stewart D.L., Winston S.J. [et al.]. Risk factors for intracranial hemorrhage in the extracorporeal membrane oxygenation patient. *J. Perinatol.* 1997. Vol. 17, N 1. Pp. 18–23.
42. Barbaro R.P., Odetola F.O., Kidwell K.M. [et al.]. Association of hospital-level volume of extracorporeal membrane oxygenation cases and mortality. Analysis of the extracorporeal life support organization registry. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2015. Vol. 191, N 8. Pp. 894–901.
43. Mosesso V.N., Liebman J. Back from the brink. Emergency cardiopulmonary bypass creates potential for saving the nearly dead. *JEMS.* 2014. Vol. 39, N 12. Pp. 50–53, 57.

Received 16.06.2015