

Статья поступила в редакцию 29.03.2016 г.

Корнелюк Р.А., Шукевич Д.Л.

НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний,
Кемеровский государственный медицинский университет,
г. Кемерово

ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНАЯ МЕМБРАННАЯ ОКСИГЕНАЦИЯ В ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ

Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) является одним из методов протезирования жизненно важных функций организма, таких как газообменная функция легких и насосная функция сердца. ЭКМО уже на протяжении десятилетий используется в качестве кардиореспираторной поддержки при патологии сердца и легких, рефрактерной к общепринятым методам лечения. Особый всплеск интереса к данной технологии наблюдается в период эпидемий свиного гриппа и других вирусно-бактериальных поражений легких с развитием тяжелого острого респираторного дистресс-синдрома. ЭКМО следует рассматривать в плане поддерживающих мероприятий, т.е. замещения временно и обратимо утраченных функций сердца и/или легких при условии их восстановления или наличия перспективы трансплантации. В данном обзоре литературы описана история ЭКМО, обсуждаются различные варианты ее использования, эффективность и осложнения у критических больных.

Ключевые слова: экстракорпоральная мембранная оксигенация; острый респираторный дистресс-синдром; дыхательная недостаточность; кардиогенный шок; острая сердечная недостаточность.

Kornelyuk R.A., Shukevich D.L.

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases,
Kemerovo State Medical University, Kemerovo

EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION IN INTENSIVE CARE

Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is a modality for providing extracorporeal life support focused at the recovery of gas exchange function and cardiac function. Over the last decades, ECMO has been used as a technique for cardiorespiratory support for heart and lung disease, where conventional treatment is ineffective, particularly in cardiac surgery units. ECMO technology seems to be promising mean during the epidemic peak of H1N1 and other viral and bacterial pathogens associated with lung lesions causing acute respiratory distress syndrome. Thus, ECMO should be considered as a support device, providing temporary life support for potentially reversible cardiac and/or respiratory failure until their recovery or for transplantation candidates. The current review describes the history of ECMO, various indications to ECMO in critically ill patients, its efficiency and complications.

Key words: ECMO; acute respiratory distress syndrome; respiratory failure; cardiogenic shock; acute heart failure.

ИСТОРИЯ МЕТОДА

Идея разработки методов экстракорпорального кровообращения (ЭКК) посещала многих исследователей еще в начале 19 века. Так, Le Gallois в 1813 году была предложена сама теория того, что функции частей тела, отделенных от организма, способны восстанавливаться после проведения искусственной перфузии. Первые успешные эксперименты ЭКК на животных продемонстрировал в 1926 году российский исследователь С.С. Брюхоненко. Началом же эры ЭКК для человечества можно считать 16 мая 1953 года, когда J. Gibbon выполнил первую в мире успешную операцию по закрытию дефекта межпредсердной перегородки с использованием созданного им аппарата искусственного кровообращения.

Попытки применения ЭКК в условиях отделений интенсивной терапии (ИТ) были ограничены большим количеством осложнений, в частности, массивным гемолизом, который развивался по причине несовершенства экстракорпоральных контуров и использо-

вания оксигенаторов пузырькового типа. Прорыв был совершен в 50-60 годы XX века, когда W. Kolff, G. Colowes, T. Kolobow, R. Bartlett в разное время были разработаны и успешно апробированы оксигенаторы мембранного типа, которые исключили прямой контакт крови пациента и газовой фазы. В тот же период появился термин «экстракорпоральная мембранная оксигенация» – (ЭКМО).

Первый успешный опыт лечения пациента с острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС), возникшем в результате политравмы, был опубликован D. Hill в 1972 году. В 1975 году R. Bartlett доложил о первом опыте применения ЭКМО у ребенка с ОРДС, возникшем в результате аспирации мекония. Эти годы можно считать точкой отсчета для клинического применения ЭКМО и изучения ее эффективности с позиции доказательной медицины. С 80-х годов XX века стало появляться все большее количество сообщений о применении ЭКМО в кардиохирургической практике как метода поддержки кровообращения. Однако число осложнений в связи с несовершенством аппаратной составляющей метода оставалось достаточно высоким, что ставило под сомнение целесообразность использования ЭКМО с позиции эффективности и безопасности [1, 4].

С появлением новых технологий (насос центрифужного типа вместо роликового; появление мембранных оксигенаторов, покрытых гепарином магистра-

Корреспонденцию адресовать:

КОРНЕЛЮК Роман Александрович,
650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6,
ФГБУ НИИ КПССЗ СО РАМН.
Тел.: +7-923-483-65-10.
E-mail: rkornelyuk@mail.ru

лей и др.) и совершенствованием метода проведение данной процедуры стало более безопасным и востребованным. Значительный всплеск интереса к ЭКМО наблюдался в 2009 году во время пандемии вируса гриппа А/Н1N1, А/Н5N1, когда данная технология сыграла важную роль в терапии острой дыхательной недостаточности вследствие тяжелого ОРДС. В настоящее время ЭКМО уверенно внедряется в клиническую практику как метод сердечно-легочной поддержки не только в кардиохирургических, но и в многопрофильных стационарах, и имеет сформулированные показания и противопоказания [1, 4].

Последние данные свидетельствуют о расширении показаний для использования ЭКМО, которые несколько отличаются от традиционных — дыхательной недостаточности (ДН) на фоне ОРДС и сердечной недостаточности. Например, раннее подключение у пациентов с остановкой кровообращения и, таким образом, расширение традиционной сердечно-легочной реанимации (СЛР) до экстракорпоральной сердечно-легочной реанимации [3, 9, 23, 35, 38, 43]. Также в литературе представлены случаи подключения ЭКМО при кардиогенном шоке (КШ), рефрактерном к медикаментозной терапии и внутриартериальной баллонной контрпульсации, при обструктивном шоке, вследствие тромбоэмболии легочной артерии [48], а также при гипотермии [19], после утопления [20], после отравления кардиотоксичными препаратами [42], при обструкции дыхательных путей [21] и при тяжелых нарушениях электролитного состава крови [30].

Система ЭКМО представляет собой полностью замкнутый контур, состоящий из насоса крови, оксигенатора, трубок и сосудистых канюль. На современном этапе стандартом является использование насоса центрифужного типа вместо роликового, что позволяет снизить риск травмы форменных элементов крови. Оксигенатор состоит из плотно собранных в единый комплекс полых волокон, через поры которых происходит газообмен между кровью и воздухом. Канюли, используемые для ЭКМО, могут быть как с одним просветом, так и двухпросветными. Существуют две типичные схемы контура ЭКМО — веновенозная (в/в) и веноартериальная (в/а). В первом случае кровь дренируется из венозного русла и после оксигенации нагнетается насосом обратно в венозное русло. Такой вариант ЭКМО осуществляет поддержку только газообменной функции легких. Во втором же случае кровь дренируется из венозного русла и после оксигенации нагнетается в артериальное русло. В этом случае ЭКМО, помимо газообменной функции, осуществляет поддержку и насосной функции сердца. Существует также артериовенозная ЭКМО, когда кровь из артериального русла под давлением, создаваемым сердцем больного, проходит через оксигенатор и возвращается в венозное русло. При

этом из контура исключается насос, т.к. его функцию обеспечивает собственный сердечный выброс пациента. Сосудистый доступ для канюляции бывает центральным и периферическим. При центральной канюляции канюли устанавливаются в магистральные сосуды, наиболее приближенные к сердцу (восходящая аорта, полые вены), либо в полости сердца. При периферической канюляции — в крупные периферические сосуды (внутренняя яремная вена, бедренная вена, бедренная артерия). Двухпросветные катетеры позволяют катетеризировать один сосуд и осуществлять через него как забор крови, так и возврат [4, 45].

ЭКМО В ТЕРАПИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

Острая дыхательная недостаточность на фоне потенциально обратимых процессов, таких как ОРДС, а также использование ЭКМО в качестве моста к трансплантации легких, стали наиболее распространенными показаниями к данному методу у взрослых [45]. Предпосылками к этому стал известный факт, что вентиляция с высоким давлением в дыхательных путях и большим дыхательным объемом может иметь пагубные последствия, такие как вентилятор-индуцированное повреждение легких, развитие пневмоторакса. Таким образом, использование ЭКМО у этих пациентов позволяет обеспечить «отдых» и защиту легких посредством менее агрессивных настроек аппарата искусственной вентиляции [37].

Первоначальные сообщения об использовании ЭКМО у больных с ОРДС были приняты довольно восторженно, однако в последующие годы было показано, что очевидная польза от ЭКМО была только у новорожденных с потенциально обратимой острой ДН [22]. Первые рандомизированные исследования, опубликованные в 1979 и 1994 годах, не показывают значимых преимуществ ЭКМО по сравнению с традиционными методами. Однако технологии ЭКМО и другие методы лечения ОРДС взрослых подверглись дальнейшему технологическому прогрессу и совершенствованию, что в последующем положительно отразилось на выживаемости [5, 36].

Согласно результатам первого рандомизированного многоцентрового контролируемого исследования «Conventional ventilatory support vs extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR)», проведенного в Великобритании в 2010 г., доставка взрослых пациентов с потенциально обратимой ДН на фоне тяжелого ОРДС в единый ЭКМО-центр значительно увеличила выживаемость без тяжелой инвалидизации и снизила экономические затраты по сравнению со стандартными методами лечения. Также авторы указывают на то, что во

Сведения об авторах:

КОРНЕЛЮК Роман Александрович, лаборант-исследователь, лаборатория критических состояний, ФГБНУ НИИ КПССЗ, г. Кемерово, Россия. E-mail: rkornelyuk@mail.ru

ШУКЕВИЧ Дмитрий Леонидович, доктор мед. наук, профессор, зав. лабораторией критических состояний, ФГБНУ НИИ КПССЗ; профессор, курс анестезиологии и реаниматологии, ФГБОУ ВО КемГМУ, г. Кемерово, Россия. E-mail: 746701@mail.ru

время процедуры ЭКМО параметры искусственной вентиляции легких (ИВЛ) могут быть смягчены, что будет соответствовать концепции протективной ИВЛ. В ряде случаев ЭКМО значительно снижала потребность в ИВЛ, вплоть до экстубации пациентов [2, 6, 28, 33].

По данным регистра Организации Экстракорпорального Жизнеобеспечения (Extracorporeal Life Support Organization), в период с 1989 по 2012 год опубликованы следующие данные: эффективность ЭКМО у новорожденных составила 75 % (18846 пациентов), у детей раннего возраста — 56 % (2901 пациент), у взрослых — 54 % (1572 пациента) из 30487 процедур при дыхательной недостаточности [4].

Следует отметить, что в/в вариант ЭКМО на данный момент при должном материально-техническом оснащении признан как более предпочтительный в коррекции острой ДН взрослых по сравнению с веноартериальным. Эти выводы основаны на меньшей частоте неврологических осложнений при в/в ЭКМО [28]. По поводу оптимального сосудистого доступа в педиатрической практике все еще присутствуют разногласия. Эти разногласия основаны на дискуссии о соотношении рисков осложнений, технического уровня оборудования (качество мембраны, современные двухпросветные канюли для в/в ЭКМО) и особенностей детского организма; единого мнения по данному вопросу не получено [24].

Однако не следует воспринимать ОРДС как единственную причину ДН, при которой может быть полезным использование ЭКМО. Описаны случаи использования ЭКМО в терапии гиперкапнической ДН, с которой не всегда в состоянии справиться ИВЛ [26]. Кроме того, встречаются сообщения о терапии ДН посредством ЭКМО после утопления [42], а также при обструкции дыхательных путей [21]. Все вышесказанное расширяет показания для использования в/в ЭКМО при ДН.

ЭКМО КАК КОМПОНЕНТ ГЕМОДИНАМИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

Остановка сердечной деятельности

Несмотря на совершенствующуюся методологию сердечно-легочной реанимации (СЛР), остановка сердца в стационаре, как правило, имеет выживаемость порядка 15-17 %, а вне больницы — не более 8-10 % [25, 32]. Длительная церебральная гипоперфузия утяжеляет неврологические осложнения и ухудшает исходы, поэтому раннее начало экстракорпоральной сердечно-легочной реанимации (ЭСЛР) с использованием в/а ЭКМО представляется как полезная методика в сокращении временного интервала от остановки кровообращения до восстановления церебральной перфузии.

Рандомизированных исследований, показавших эффективность экстракорпоральной СЛР, пока нет, однако в ряде наблюдательных исследований выявлена связь между экстракорпоральной СЛР и повышением выживаемости. Так, в нескольких исследованиях было показано статистически значимое повышение выживаемости в группе пациентов с ЭСЛР [9, 38]. В ряде других исследований были показаны переменные результаты использования ЭКМО в рамках реанимационных мероприятий [11, 39]. Cardarelli M. и др. в мета-анализе показали выживаемость порядка 40 % у пациентов с ЭСЛР [7]. Данные о ЭСЛР в рамках реанимационных мероприятий вне стационара не столь оптимистичны и демонстрируют выживаемость в районе 15 %, однако эти результаты, безусловно, лучше по сравнению с обычной методикой СЛР [16].

На данный момент Американская кардиологическая ассоциация (American Heart Association) предлагает не использовать ЭКМО как рутинный метод ЭСЛР. По всей видимости, это связано с тем, что по-прежнему частота осложнений остается достаточно высокой, особенно при экстренном подключении вне стационара. Однако многие исследователи считают, что соотношение риска осложнений и потенциальной пользы ВА ЭКМО в условиях остановки кровообращения должно смещаться в сторону применения ЭКМО. Для повышения вероятности успешного исхода необходимо как можно более раннее начало ЭСЛР у пациентов с потенциально обратимыми проблемами [8, 10]. Однако в настоящее время, даже в высокоразвитых странах, уровень технической оснащенности и профессиональной компетентности бригад СЛР не вполне достаточен для выполнения данных условий. Вместе с тем, использование ЭКМО для проведения экстракорпоральной СЛР должно рассматриваться как перспективное и потенциально эффективное направление современной реаниматологии.

ЭКМО при кардиогенном шоке

По статистике, 3-5 % обычных кардиохирургических операций могут осложняться посткардиотомной острой сердечной недостаточностью, клинические проявления которой характеризуются как синдром малого сердечного выброса и кардиогенный шок (КШ) [15]. Примерно 1 % из этих пациентов требуют послеоперационной механической поддержки кровообращения из-за рефрактерных к стандартным терапевтическим подходам нарушений гемодинамики [27, 41]. Острый инфаркт миокарда осложняется КШ в 3-8 % случаев. При этом летальность достигает порядка 80 %, и может быть даже выше без агрессивного лечения. Поэтому, кроме классического медикаментозного лечения, при КШ весьма перспективным представляется использование механической поддержки кровообращения.

Information about authors:

KORNELYUK Roman Alexandrovich, assistant researcher, laboratory of critical states, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russia. E-mail: rkornelyuk@mail.ru

SHUKEVICH Dmitry Leonidovich, MD, PhD, professor, head of the laboratory of critical states, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases; professor, course of anesthesiology and intensive care, Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russia. E-mail: 746701@mail.ru

Рандомизированные исследования, в которых изучалась бы эффективность ЭКМО в терапии КШ, на данный момент пока представлены недостаточно. Однако активно публикуются результаты наблюдательных исследований. По различным данным, выживаемость пациентов, которым потребовалась ЭКМО-поддержка в связи с рефрактерным КШ в послеоперационном периоде (посткардиотомный КШ), составляет порядка 42-57 % [40]. Факторы, в наибольшей степени обуславливающие госпитальную летальность, — ишемия нижней конечности, острое почечное повреждение и неврологические осложнения. Для детей значимыми факторами госпитальной летальности являются: ранний возраст, низкий вес, развитие острого почечного повреждения. Пациенты, у которых ЭКМО была начата в операционной, имели больше шансов на выживание. Авторы сообщают, что более высокие значения выживаемости могут быть достигнуты за счет предотвращения осложнений ЭКМО [17].

В случае КШ на фоне острого инфаркта миокарда (ОИМ) проведение коронарной реваскуляризации в условиях ЭКМО обеспечивает хорошие клинические результаты. Причем, подключение ЭКМО до чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) ассоциировано с лучшими прогнозами [13], что позволяет судить о высокой эффективности в/а ЭКМО как способа поддержки кровообращения при КШ, осложняющем ОИМ. Однако встречаются и противоречивые данные. Так, Mohammad Sajjad и др. представили свой опыт применения ЭКМО на примере 19 взрослых пациентов с КШ на фоне ОИМ и при посткардиотомном КШ. Общая 30-дневная госпитальная летальность составила 94,73 %, а выживаемость к моменту выписки была 5,26 %. Таким образом, авторы считают, что применение в/а ЭКМО у этой группы больных не эффективно и приводит лишь к увеличению сроков пребывания в отделении интенсивной терапии и затрат на лечение [34].

В терапии КШ на фоне острого миокардита ЭКМО также показывает хорошие клинические результаты. Выживаемость варьирует в пределах 73-80 % по данным разных авторов, причем как у взрослых, так и у детей [29, 12].

ЭКМО при проведении планового ЧКВ

Активно развивающимся направлением является использование ЭКМО в качестве гемодинамической поддержки при проведении планового ЧКВ у пациентов с многосудистым, технически-сложным для стентирования поражением коронарного русла, в том числе ствола левой коронарной артерии. Манипуляции эндоваскулярного хирурга на таком коронарном русле сопряжены с высоким риском развития ишемии миокарда и жизнеугрожающими нарушениями ритма. Внутриаортальная баллонная контрпульсация (ВАБК), являющаяся «золотым стандартом» гемодинамической поддержки, в условиях нарушения ритма оказывается неэффективной. Поэтому ЭКМО является более рациональным методом механической поддержки кровообращения у таких больных.

Первые сообщения об успешном применении такого вида поддержки датируются 1990 годом [46]. Однако, несмотря на их давность, а также на успех применения ЭКМО у критических кардиологических больных, описание комбинации ЭКМО и ЧКВ у плановых больных и по сей день имеет вид отдельных сообщений.

Vainer J., van Ommen V. и соавт. описывают свой опыт применения ЭКМО у этой группы больных. За 38-месячный период оперированы 15 пациентов (10 мужчин, 5 женщин, средний возраст 72 ± 9 лет, средняя фракция выброса 34 ± 15 %, стенокардия III и IV ФК). Всем больным было отказано в аортокоронарном шунтировании из-за тяжелой сопутствующей соматической патологии, а проведение ЧКВ было связано с высоким риском фатальных осложнений. Реваскуляризация была выполнена успешно у 14 из 15 пациентов. Осложнения, связанные с ЭКМО, наблюдались в 2 случаях в виде кровотечения из места канюляции. Пациенты были выписаны из стационара через $3,2 \pm 2,8$ дня. Годовая выживаемость составила 73 % (11 из 15 больных; один летальный исход из-за некардиологической патологии) [44].

Российские исследователи также добились определенного успеха в этой области применения ЭКМО. В своем сообщении они описывают случай успешного стентирования незащищенного ствола левой коронарной артерии и правой коронарной артерии в условиях в/а ЭКМО. На данный момент идет накопление материала по данному вопросу [14].

Прочие варианты применения ЭКМО

ЭКМО может играть определенную роль в лечении пациентов с септическим шоком [31], передозировкой гипотензивных препаратов [47], тиреотоксикоз-индуцированной сердечной недостаточностью [18].

По данным регистра ELSO, на январь 2016 года выживаемость среди пациентов, потребовавших поддержки в виде ЭКМО, среди взрослых составляет 56 %, а среди детей — 67 %.

ОСЛОЖНЕНИЯ И ПРОЧИЕ ПРОБЛЕМЫ

В мета-анализе, проведенном R. Cheng, R. Natchamovitch и др., охватывающем 12 исследований и 1866 пациентов, было установлено, что суммарная частота осложнений ЭКМО при КШ была следующей: ишемия нижних конечностей — 16,9 % (от 12,5 % до 22,6 %); ампутация нижней конечности — 4,7 % (от 2,3 % до 9,3 %); неврологические осложнения — 13,3 % (от 9,9 % до 17,7 %); острое повреждение почек — 55,6 % (от 35,5 % до 74,0 %); заместительная почечная терапия — 46,0 % (от 36,7 % до 55,5 %); значимое кровотечение из места канюляции — 40,8 % (от 26,8 % до 56,6 %); а также тяжелая инфекция — 30,4 % (от 19,5 % до 44,0 %) [10]. Данные других авторов показывают близкую по значению высокую частоту осложнений [49].

Некоторые исследования показывают долгосрочные нейрокогнитивные аномалии в более чем 50 % случаев, а также ухудшение качества жизни паци-

ентов после ЭКМО [26]. Длительность пребывания пациентов в отделении интенсивной терапии, как правило, очень большая и стоимость их лечения, как правило, гораздо выше, чем при проведении традиционной терапии. Проблемы этических обязательств, осложнений, стоимости и наличия ресурсов в условиях отсутствующей мощной доказательной базы побуждают тщательно рассматривать целесообразность использования ЭКМО как метода кардиореспираторной поддержки в каждом конкретном случае.

ДИСКУССИЯ

В целом ЭКМО видится как многообещающая перспективная технология и, несмотря на уже приличный мировой опыт, по-прежнему в литературе встречаются противоречивые данные и выводы. Ситуацию осложняет и достаточно высокая частота осложнений, которые нередко ассоциированы с летальностью. Безусловно, для улучшения результатов требуется накопление большого клинического опыта в каждом конкретном стационаре, проведение рандомизированных исследований, систематизация данных, разработка и внедрение методических рекомендаций. Однако уже сейчас многим исследователям становится понятно, что максимальный успех кроется в своевременном начале процедуры ЭКМО.

Учитывая научно-технический прогресс и совершенствование методики, ЭКМО уже скорее вызывает интерес у медицинской общественности, нежели отпугивает ее. Об этом свидетельствует неуклонный рост количества публикаций в крупнейшей мировой базе данных — PubMed, а также и в Российской научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU. Данная методика в последние годы активно развивается и в Российской Федерации, однако по-прежнему остается уделом кардиохирургических стационаров. Это обусловлено тем, что ЭКМО на данном этапе продолжает себя как абсолютно необходимая методика для таких клиник. Например, в случае посткардиотомной сердечной недостаточности, при невозможности отойти от искусственного кровообращения, на сегодняшний день не существует другого более перспективного и доступного метода продленной гемодина-

мической поддержки. Учитывая современный уровень развития технологий ЭКМО, внутриаортальную баллонную контрпульсацию (ВАБК) уже не стоит рассматривать как «золотой стандарт» гемодинамической поддержки. На это есть ряд аргументов. ВАБК обеспечивает гемодинамическую поддержку за счет ударного объема, реализуемого левым желудочком; вместе с тем, в случае острой правожелудочковой недостаточности эффективность ВАБК будет сомнительна. Помимо этого, адекватная работа ВАБК реализуется за счет синхронизации с кривой артериального давления или сердечным ритмом. Таким образом, при развитии жизнеугрожающих аритмий и/или асистолии, работа ВАБК будет неэффективной. ЭКМО лишена этих недостатков и, кроме того, может осуществлять экстракорпоральный газообмен. Эти аргументы в пользу ЭКМО по сравнению с ВАБК как метода гемодинамической поддержки, возможно экстраполировать и на другие клинические ситуации в кардиологическом стационаре, такие как КШ на фоне ОИМ, обеспечение гемодинамической поддержки при ЧКВ на сложном коронарном русле.

Вместе с тем, исходя из самого названия методики, становится логичным, что ЭКМО может и должна использоваться в качестве дыхательной поддержки и в отделениях интенсивной терапии общего профиля. У пациентов с паренхиматозной ДН ведущей проблемой является гипоксемия, которая далеко не всегда может быть скорректирована даже при проведении ИВЛ в «жестких» режимах. Тогда как ЭКМО осуществляет эффективный газообмен и, в ряде случаев, позволяет экстубировать и реабилитировать пациента в условиях экстракорпоральной поддержки.

Таким образом, на сегодняшний день можно смело судить о больших перспективах ЭКМО в терапии критических состояний и предполагать дальнейшее развитие данной технологии с расширением ее использования за пределы кардиохирургических клиник. Как и любая другая новая методика протезирования функции жизненно важных органов, ЭКМО будет досконально изучаться множеством исследователей с обоснованием и разработкой четкой методологии ее клинического применения на основании убедительной доказательной базы.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Annich G, Lynch W, MacLaren G, Wilson J, Bartlett R. ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care 4th Edition. Ann Arbor, Michigan, 2012.
2. Bartlett RH, Gattinoni L. Current status of extracorporeal life support (ECMO) for cardiopulmonary failure. *Minerva Anesthesiol.* 2010 Jul; 76(7): 534-540.
3. Bednarczyk JM, White CW, Ducas RA, Golian M, Nepomuceno R, Hiebert B et al. Resuscitative extracorporeal membrane oxygenation for in hospital cardiac arrest: a Canadian observational experience. *Resuscitation.* 2014; 85(12): 1713-1719.
4. Bokeria LA, Shatalov KV, Makhalin MV. Extracorporeal membrane oxygenation. NTSSSH them. Bakulev RAMS, 2013. 150 p. Russian (Бокерия Л.А., Шаталов К.В., Махалин М.В. Экстракорпоральная мембранная оксигенация. НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2013. 150 с.)
5. Brogan TV, Thiagarajan RR, Rycus PT, Bartlett RH, Bratton SL. Extracorporeal membrane oxygenation in adults with severe respiratory failure: a multi-center database. *Intensive Care Med.* 2009; 35(12): 2105-2114.
6. Camboni D, Philipp A, Lubnow M, Bein T, Haneya A, Diez C, Schmid C, Muller T. Support time-dependent outcome analysis for veno-venous extracorporeal membrane oxygenation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011; 40(6): 1341-1347.
7. Cardarelli MG, Young AJ, Griffith B. Use of extracorporeal membrane oxygenation for adults in cardiac arrest (E-CPR): a meta-analysis of observational studies. *ASAIO J.* 2009; 55(6): 581-586.

8. Cave DM, Gazmuri RJ, Otto CW, Nadkarni VM, Cheng A, Brooks SC et al. Part 7: CPR techniques and devices: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2010; 122(18 Suppl 3): S720-S728.
9. Chen YS, Lin JW, Yu HY, Ko WJ, Jerng JS, Chang WT et al. Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. *Lancet*. 2008; 372(9638): 554-561.
10. Cheng R, Hachamovitch R, Kittleson M, Patel J, Arabia F, Moriguchi J et al. Complications of Extracorporeal Membrane Oxygenation for Treatment of Cardiogenic Shock and Cardiac Arrest: A Meta-Analysis of 1,866 Adult Patients. *Ann Thorac Surg*. 2014 Feb; 97(2): 610-616.
11. Chou TH, Fang CC, Yen ZS, Lee CC, Chen YS, Ko WJ et al. An observational study of extracorporeal CPR for in-hospital cardiac arrest secondary to myocardial infarction. *Emerg Med J*. 2014; 31(6): 441-447.
12. Diddle JW, Almodovar MC, Rajagopal SK, Rycus PT, Thiagarajan RR. Extracorporeal membrane oxygenation for the support of adults with acute myocarditis. *Crit Care Med*. 2015; 43(5): 1016-1025.
13. Esper SA, Bermudez C, Dueweke EJ, Kormos R, Subramaniam K, Mulukutla S et al. Extracorporeal membrane oxygenation support in acute coronary syndromes complicated by cardiogenic shock. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015; 86 Suppl 1: S45-S50.
14. Ganiukov VI, Popov VA, Shukevich DL, Evtushenko SA, Khaes BL. Percutaneous coronary intervention accompanied by biventricular circulatory support and combined with extracorporeal membranous oxygenation. *Angiol Sosud Khir*. 2013; 19(1): 137-141.
15. Golding L. Postcardiotomy mechanical support. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 1991; 3: 29-33.
16. Haneya A, Philipp A, Diez C, Schopka S, Bein T, Zimmermann M et al. A 5-year experience with cardiopulmonary resuscitation using extracorporeal life support in non-postcardiotomy patients with cardiac arrest. *Resuscitation*. 2012; 83(11): 1331-1337.
17. Hei F, Lou S, Li J, Yu K, Liu J, Feng Z et al. Five-year results of 121 consecutive patients treated with extracorporeal membrane oxygenation at Fu Wai Hospital. *Artif Organs*. 2011; 35: 572-578.
18. Hsu LM, Ko WJ, Wang CH. Extracorporeal membrane oxygenation rescues thyrotoxicosis-related circulatory collapse. *Thyroid*. 2011; 21(4): 439-441.
19. Jarosz A, Darocha T, Kosinski S, Zietkiewicz M, Drwila R. Extracorporeal membrane oxygenation in severe accidental hypothermia. *Intensive Care Med*. 2015; 41(1): 169-170.
20. Kim KI, Lee WY, Kim HS, Jeong JH, Ko HH. Extracorporeal membrane oxygenation in near-drowning patients with cardiac or pulmonary failure. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2014; (22): 77.
21. Ko M, dos Santos PR, Machuca TN, Marseu K, Waddell TK, Keshavjee S et al. Use of single-cannula venous-venous extracorporeal life support in the management of life-threatening airway obstruction. *Ann Thorac Surg*. 2015; 99(3): e63-65.
22. Lewandowski K. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory failure. *Crit Care*. 2000; 4: 156-168.
23. Maekawa K, Tanno K, Hase M, Mori K, Asai Y. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin: a propensity-matched study and predictor analysis. *Crit Care Med*. 2013; 41(5): 1186-1196.
24. Maslach-Hubbard A, Bratton S. Extracorporeal membrane oxygenation for pediatric respiratory failure: History, development and current status. *World J Crit Care Med*. 2013 November 4; 2(4): 29-39.
25. McNally B, Robb R, Mehta M, Vellano K, Valderrama AL, Yoon PW et al. Out-of-hospital cardiac arrest surveillance – Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival (CARES), United States, October 1, 2005–December 31, 2010. *MMWR Surveill Summ*. 2011; 60(8): 1-19.
26. Mosier J, Kelsey M, Raz Y, Gunnerson KJ, Meyer R, Hypes C et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) for critically ill adults in the emergency department: history, current applications, and future directions. *Critical Care*. 2015; 19: 431.
27. Muehrcke D, McCarthy P, Stewart R, Seshagiri S, Ogella D, Foster R, Cosgrove D. Complications of extracorporeal life support systems using heparin-bound surfaces. The risk of intracardiac clot formation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995; 110: 843-857.
28. Muller T, Bein T, Philipp A. Extracorporeal Pulmonary Support in Severe Pulmonary Failure in Adults. *Deutsches Arzteblatt International*. 2013; 110(10): 159-166.
29. Ning B, Zhang C, Lin R, Tan L, Chen Z, Yu J et al. Local experience with extracorporeal membrane oxygenation in children with acute fulminant myocarditis. *PLoS One*. 2013 Dec 9; 8(12): e82258.
30. Palatinus JA, Lieber SB, Joyce KE, Richards JB. Extracorporeal membrane oxygenation support for hypokalemia-induced cardiac arrest: a case report and review of the literature. *J Emerg Med*. 2015; 49(2): 159-164.
31. Park TK, Yang JH, Jeon K, Choi SH, Choi JH, Gwon HC et al. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory septic shock in adults. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2015; 47(2): e68-74.
32. Peberdy MA, Kaye W, Ornato JP, Larkin GL, Nadkarni V, Mancini ME et al. Cardiopulmonary resuscitation of adults in the hospital: a report of 14720 cardiac arrests from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Resuscitation*. 2003; 58(3): 297-308.
33. Peek GJ, Elbourne D, Mugford M, Tiruvoipati R, Wilson A, Allen E, Clemens F, Firmin R, Hardy P, Hibbert C, Jones N, Killer H, Thalanyan M, Truesdale A. Randomised controlled trial and parallel economic evaluation of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR). *Health Technology Assessment*. 2010; 14(35): 1-46.
34. Sajjad M, Osman A, Mohsen S, Alanazi M, Ugurlucan M, Canver C. Extracorporeal membrane oxygenation in adults: experience from the Middle East. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2013 Oct; 21(5): 521-527.
35. Sakamoto T, Morimura N, Nagao K, Asai Y, Yokota H, Nara S et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective observational study. *Resuscitation*. 2014; 85(6): 762-768.
36. Schmidt M, Hodgson C, Combes A. Extracorporeal gas exchange for acute respiratory failure in adult patients: a systematic review. *Crit Care*. 2015; 19: 99.
37. Schmidt M, Stewart C, Bailey M, Nieszkowska A, Kelly J, Murphy L et al. Mechanical ventilation management during extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome: a retrospective international multicenter study. *Crit Care Med*. 2015; 43(3): 654-664.
38. Shin TG, Choi JH, Jo IJ, Sim MS, Song HG, Jeong YK et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with in-hospital cardiac arrest: a comparison with conventional cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*. 2011; 39(1): 1-7.

39. Siao FY, Chiu CC, Chiu CW, Chen YC, Chen YL, Hsieh YK et al. Managing cardiac arrest with refractory ventricular fibrillation in the emergency department: conventional cardiopulmonary resuscitation versus extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2015; 92: 70-76.
40. Slottosch I, Liakopoulos O, Kuhn E, Deppe AC, Scherner M, Madershahian N et al. Outcomes after peripheral extracorporeal membrane oxygenation therapy for postcardiotomy cardiogenic shock: a single-center experience. *J Surg Res*. 2013 May; 181(2): e47-55.
41. Smith C, Bellomo R, Raman J, Matalanis G, Rosalion A, Buckmaster J, Hart G, Silvester W, Gutteridge G, Smith B, Doolan L, Buxton B. An extracorporeal membrane oxygenation-based approach to cardiogenic shock in an older population. *Ann Thorac Surg*. 2001; 71: 1421-1427.
42. St-Onge M, Fan E, Megarbane B, Hancock-Howard R, Coyte PC. Venoaerterial extracorporeal membrane oxygenation for patients in shock or cardiac arrest secondary to cardiotoxicant poisoning: a cost-effectiveness analysis. *J Crit Care*. 2015; 30(2): 437-414.
43. Stub D, Bernard S, Pellegrino V, Smith K, Walker T, Sheldrake J et al. Refractory cardiac arrest treated with mechanical CPR, hypothermia, ECMO and early reperfusion (the CHEER trial). *Resuscitation*. 2015; 86: 88-94.

