

ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ МЕМБРАННОЙ ОКСИГЕНАЦИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

**С.В. Журавель, А.К. Евсеев,
А.Д. Колокольцев, Н. К. Кузнецова,
И.И. Уткина, С.С. Петриков**

ГБУЗ НИИ СП им. Н. В. Склифосовского
ДЗ г. Москвы,
Российская Федерация

HISTORICAL DEVELOPMENT AND PROSPECTS OF EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION IN CLINICAL PRACTICE

**S.V. Zhuravel, A.K. Evseev,
A.D. Kolokoltsev, N.K. Kuznetsova,
I.I. Utkina, S.S. Petrikov**

N.V. Sklifosovsky Scientific Research Institute for
Emergency Care,
Moscow, Russia

Для корреспонденции:

*Журавель Сергей Владимирович,
д.м.н., заведующий научным отделом анестезиологии
ГБУЗ НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы,
129090, Москва, Большая Сухаревская пл., д.3, корп. 21,
тел.: +7 (495) 621-74-30, e-mail: sjuravel@rambler.ru.*

*Евсеев Анатолий Константинович, д.х.н., ведущий
научный сотрудник отделения общей реанимации
ГБУЗ НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы,
129090, Москва, Большая Сухаревская пл., д.3, корп. 22,
тел.: +7 (495) 620-11-83, e-mail: evseevak@sklif.mos.ru.*

*Колокольцев Артем Дмитриевич, врач –
анестезиолог-реаниматолог отделения
анестезиологии № 3 ГБУЗ НИИ СП им. Н. В.
Склифосовского ДЗ г. Москвы, 129090, Москва,
Большая Сухаревская пл., д.3, корп. 3, тел.: +7 (495)
625-13-26, e-mail: kolokoltsev_artem94@mail.ru.*

*Кузнецова Наталия Константиновна,
к.м.н., ведущий научный сотрудник отделения
анестезиологии ГБУЗ НИИ СП им.*

Corresponding authors:

*Zhuravel Sergey Vladimirovich,
Scientific Research Institute for Emergency Care n.a.
N.V. Sklifosovsky, Bolshaya Sukharevskaya sq, 3, bld. 21,
Moscow, 129090, Russia, tel.: +7 (495) 620-11-04,
e-mail: zhsergey5@gmail.com.*

*Evseev Anatolij Konstantinovich, Scientific Research
Institute for Emergency Care n.a. N.V. Sklifosovsky,
Bolshaya Sukharevskaya sq, 3, bld. 22, Moscow, 129090,
Russia, tel.: +7 (495) 620-11-83, e-mail:
evseevak@sklif.mos.ru.*

*Kolokoltsev Artem Dmitrievich, Scientific Research
Institute for Emergency Care n.a. N.V. Sklifosovsky,
Bolshaya Sukharevskaya sq, 3, bld. 3,
Moscow, 129090, Russia,
tel.: +7(495)625-13-26,
e-mail: kolokoltsev_artem94@mail.ru.*

*Kuznetsova Natalia Konstantinovna,
Ph.D., leading researcher of the Anesthesiology
and intensive care, Scientific Research Institute*

Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы,
129090, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3, корп. 5,
тел.: +7 (495) 621-39-77,
e-mail: natalikuz@inbox.ru.

Уткина Ирина Игоревна,
к.м.н., старший сотрудник отделения анестезиологии
ГБУЗ НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы,
129090, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3, корп. 5,
тел.: +7 (495) 621-39-77,
e-mail: irishka_utkina@list.ru.

Петриков Сергей Сергеевич,
д.м.н., член-корреспондент РАН, директор ГБУЗ НИИ
СП им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы,
129090, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3, корп. 21,
тел.: +7(495)624-38-97, e-mail: sklif@zdrav.mos.ru

for Emergency Care n.a. N.V. Sklifosovsky,
Bolshaya Sukharevskaya sq, 3, bld. 5,
Moscow, 129090, Russia, tel.: +7 (495) 621-39-77,
e-mail: natalikuz@inbox.ru.

Utkina Irina Igorevna,
senior researcher of the anesthesiology, Scientific Research
Institute for Emergency Care n.a. N.V. Sklifosovsky,
Bolshaya Sukharevskaya sq, 3, bld. 5, Moscow, 129090,
Russia, tel.: +7 (495) 621-39-77,
e-mail: irishka_utkina@list.ru

Petrikov Sergey Sergeevich,
Scientific Research Institute
for Emergency Care n.a. N.V. Sklifosovsky,
Bolshaya Sukharevskaya sq, 3, bld. 21, Moscow, 129090,
Russia, tel.: +7(495)624-38-97, e-mail: sklif@zdrav.mos.ru.

Реферат Abstract

В статье освещаются этапы развития методики экстракорпоральной мембранной оксигенации, начиная с начала 20-го века. Отмечены наиболее значимые события, связанные с успехами применения метода в клинической практике. Методика экстракорпоральной мембранной оксигенации заключается в частичном или полном обеспечении системного потока крови с помощью центрифужного насоса, а также в обеспечении оксигенации крови и элиминации из нее углекислого газа. В последние годы она все чаще используется в клинической практике. На сегодняшний день с ее помощью спасены жизни многих пациентов. Эта технология имеет значительный потенциал для более широкого использования как в крупных многопрофильных ста-

This article highlights the stages of development of extracorporeal membrane oxygenation techniques, starting from the beginning of the 20th century. The most significant events associated with the success of the method in clinical practice are noted. The technique of extracorporeal membrane oxygenation is to partially or fully ensure the systemic blood flow using a centrifuge pump, as well as to ensure blood oxygenation and elimination of carbon dioxide from it. In recent years, it has been increasingly used in clinical practice. Today, with its help, the lives of many patients have been saved. This technology has significant potential for wider use - both in large multidisciplinary hospitals, and in the provision of assistance with equipped highly specialized ambulance crews. The prospects of the

ционарах, так и при оказании помощи оснащенными высокоспециализированными бригадами скорой помощи. Анализируются перспективы методики, обсуждаются вопросы эффективности и прогресса ее применения в последние годы.

method are analyzed, issues of the effectiveness and progress of its application in recent years are discussed.

Ключевые слова: **Key words:**

экстракорпоральная мембранная оксигенация; мембранный оксигенатор; история развития.

extracorporeal membrane oxygenation, membrane oxygenator, history of development.

В последние годы экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) все чаще используется в клинической практике, с ее помощью спасены жизни многих пациентов, и технология имеет значительный потенциал для более широкого использования как в крупных многопрофильных стационарах, так и при оказании помощи оснащенными высокоспециализированными бригадами скорой помощи.

Методика ЭКМО заключается в частичном или полном обеспечении системного потока крови с помощью центрифужного насоса, обеспечении оксигенации крови и элиминации из нее углекислого газа (рис. 1). Эффективный газообмен осуществляется в мембранном оксигенаторе за то время, когда кровь проходит снаружи волокон с полупроницаемой мембраной [1].

Технология по своей сути является модификацией аппарата искусственного кровообращения (сердечно-легочной обхода), широко используемого в кардиохирургии. В

21 веке экстракорпоральные технологии можно смело назвать “ведущими” при лечении пациентов с жизнеугрожающими состояниями. К ним относятся различные виды заместительной почечной терапии, сорбционные методики, «искусственная печень» и вспомогательные устройства, замещающие функции желудочков сердца.

Попытки смешать газ и кровь и осуществлять газообмен вне организма человека активно предпринимались еще в 19 веке, но заканчивались неудачей в связи с активацией процессов тромбообразования и отсутствия механизмов влияния на свертывание крови. Открытие гепарина в начале 20-го века позволило решать эту непростую задачу контроля над гемостазом [2].

Годом рождения ЭКМО можно назвать 1929 г., когда в Советском Союзе Брюхоненко С.С. и Чечулин С.И. провели первую успешную экстракорпоральную перфузию головного мозга в эксперименте на животном. Аппарат состоял из стеклянного резервуара, в который наливалась кровь с антикоагулянт. Авторы при помощи диафрагменных насосов осуществляли подачу крови из венозной части русла изолированной головы собаки в легочную артерию, кровь попадала в легкие, которые механически раздувались и выполняли функцию оксигенатора. Затем кровь возвращалась обратно в резервуар и артерии, обеспечивая перфузию головного мозга. Устройство автожектора обеспечивало автоматическую регуляцию нагнетания и забора крови, а также ее согревание [3].

В 1953 году первый успешный сердечно-легочной обход при закрытии дефекта межпредсердной перегородки у человека выполнил Гиббон. Кропотливая работа исследователя по проектированию экспериментальных пленочных оксигенаторов, которая продолжалась более 20 лет, увенчалась успехом [4] (рис.2).

В те годы были разработаны различные устройства, позволяющие смешивать газ и кровь. Наиболее запоминающейся, вероятно, являлась система с пузырьковым оксигенатором, разработанная в середине 50-х годов 20 века

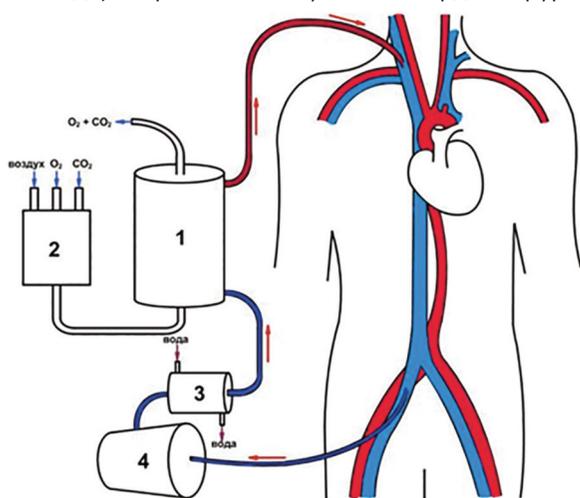


Рис.1. Схема процедуры ЭКМО. 1 – оксигенатор, 2 - газовый смеситель, 3 – теплообменник, 4 – насос.

[5]. В этой системе подаваемая смесь газа буквально пузырилась в крови, вспененная кровь подавалась в пеногасительную камеру, конструкция схемы с ловушками позволяла улавливать пузырьки воздуха, но риск воздушной эмболии был достаточно высок. Кроме того, смешивание газа и крови приводило к значительному повреждению эритроцитов и тромбоцитов, а продолжительность газообмена была недостаточно эффективной. Разделение полупроницаемой мембраной потоков кислорода и крови стало революционной модификацией системы, что позволило проводить процедуру более продолжительные промежутки времени.

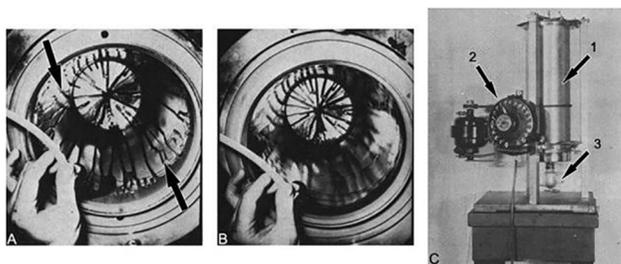


Рис.2. Оксигенатор Гиббона 1954 г. (А) В стационарных условиях кровь течет ручейками (помечены стрелками) вниз по цилиндру. (В) Вращение цилиндра приводит к образованию пленки крови. (С) Первый оксигенатор состоял из вращающегося цилиндра (1), скорость которого регулировалась реостатом (2), и принимающей емкости (2) снизу для возврата крови пациенту.

В 1971 году J.D. Hill успешно использовал ЭКМО для лечения пациента 24 лет с травмой и развитием острого респираторного дистресс синдрома. На 4-е сутки в связи с развитием критической дыхательной недостаточности была начата процедура вено-артериальной ЭКМО (периферическое подключение) продолжительностью 75 часов. Объемная скорость перфузии составляла 3,0 – 3,6 л/мин. Считается, что это был первый взрослый пациент, которому новая технология помогла выжить (рис. 3) [6].



Рис.3. Аппарат ЭКМО. Первый успешный случай применения у взрослого пациента.

Несколько лет спустя Роберт Бартлетт сообщил о первой новорожденной (с именем Эсперанса), у которой применяли поддержку ЭКМО [7].

Многие специалисты в те годы были в восторге от новой технологии и начали применять ее. В 1974 г. последовало

первое многоцентровое исследование: «Эффективность ЭКМО-терапии у взрослых пациентов с тяжелой дыхательной недостаточностью». Исследование было инициировано в США. Результаты, опубликованные в 1979 году, были очень разочаровывающими, выживаемость в сравниваемых группах составила 9,5% и 8,3% соответственно, без достоверной разницы. Следует отметить, что авторы подчеркивали: «ЭКМО осуществляла поддержку пациентов, но не останавливала дальнейшее прогрессирование ухудшения функции легких, не влияла на восстановление...» [8].

В результате исследования большинство клиницистов перестали применять ЭКМО при тяжелой дыхательной недостаточности.

Энтузиасты продолжали совершенствовать технику, а также исследовать другие методики поддержки пациентов с дыхательной недостаточностью.

В 1978 г. Kolobow и Gattinoni описывают использование экстракорпорального кровообращения с целью элиминации углекислого газа, что позволяет снизить потенциально вредное воздействие искусственной вентиляции.

Пришло понимание, что механическая вентиляция вызывает повреждение легких при превышении определенного давления в дыхательных путях. Активная исследовательская работа в области механической вентиляции привела к разработке стратегии так называемой защитной вентиляции [9].

В тоже время реаниматологи продолжали использовать ЭКМО в детской практике и были убеждены, что они спасают жизни пациентов, доказательством являлись серии успешных случаев. Педиатрические центры продолжали накапливать опыт и знания [10]. Не хватало рандомизированного исследования, которое показало бы, что использование ЭКМО улучшает результаты лечения.

В 1989 году врачи-энтузиасты объединились и основали общество ELSO (Extracorporeal Life Support Organization), связанное с успехами в лечении детей. Целями организации являлись сбор данных от всех центров, применяющих ЭКМО, обмен результатами, информирование об успехах по всему миру, а также обучение. В начале 21-го века технологии продвинулись вперед, и связано это было с разработкой и оптимизацией устройств, используемых в искусственном кровообращении.

На смену пузырьковым оксигенаторам прямого контакта (рис. 4 а) пришли мембранные оксигенаторы (рис. 4 б, в). В основу устройства мембранных оксигенаторов положен принцип «мембранного контактора», когда газовая фаза (кислород) и жидкая (кровь) разделены сплошной газопроницаемой полимерной мембраной в виде полого волокна. Мембраны могут быть как пористые (рис. 4 б) – как правило, на основе полипропилена – так и диффузионные (рис. 4 в) – на основе полидиметилсилоксана или полиметилпентена. Газ проникает через полимерную мембрану и растворяется в крови, исключая образование пузырьков, как и в легких человека. При этом растворенный в крови углекислый газ проникает через мембрану в полое волокно по градиенту концентрации. По-

сколькx кровь непосредственно контактирует только с материалом покрытия волокна, важнейшими свойствами материала покрытия является высокая газопроницаемость материала и его гемосовместимость.

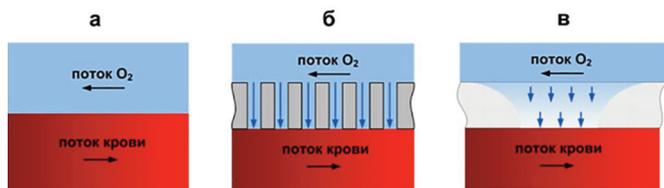


Рис.4. Контакт крови с газовой фазой в пузырьковом оксигенаторе (а) и мембранных оксигенаторах на основе пористых (б) и диффузионных мембран (в).

Современные оксигенаторы, предназначенные для проведения ЭКМО, имеют капиллярное или половолоконное строение. В зависимости от расположения крови по отношению к мембране капиллярного волокна выделяют два основных типа мембранных капиллярных оксигенаторов. Кровь, поступившая в оксигенатор (кровяная фаза), может быть направлена как с внешней стороны капиллярного волокна (рис. 5, а), так и проходить внутри капиллярного волокна (рис. 5, б). В настоящее время большинство производителей выпускают «внешние» капиллярные оксигенаторы (кровь омывает снаружи мембрану). Считается, что при втором варианте риск тромбоза оксигенатора значительно выше и процесс газообмена менее эффективен.

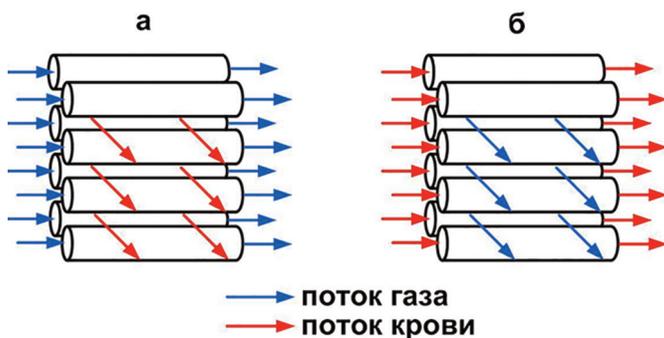


Рис.5. Варианты расположения потоков крови и газа в мембранном оксигенаторе.

В зависимости от характера пространственного взаимоотношения выделяют капиллярные оксигенаторы с параллельным, противоположным и поперечным направлением потоков крови и газа. Внутреннее строение мембран в оксигенаторе должно быть таким, чтобы обеспечивать равномерное распределения крови вокруг всех капиллярных волокон, и, следовательно, максимальную эффективность газообмена (рис. 6).

В современных мембранных оксигенаторах поток газовой смеси (100 % кислород или кислородно-воздушная смесь) проходит внутри, кровь омывает волокно мембраны с внешней стороны. Гемосовместимое покрытие синтетического полиметилпептенного волокна фосфорилхолином способствует улучшению физико-биологи-

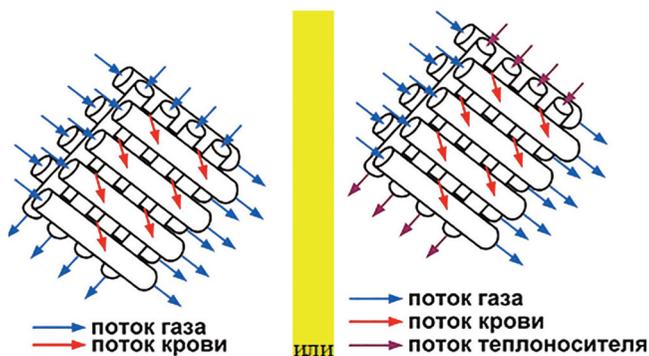


Рис.6. Поток крови и газа в оксигенаторе.

ческих свойств капиллярной мембраны, повышению продолжительности её функционирования. Так, гарантированная продолжительность работы некоторых оксигенаторов достигает 30 суток при проведении ЭКМО [11].

Разработка центрифужных насосов в сочетании с применением современных мембран улучшили биосовместимость - методика еще не стала совсем «безобидной», но в настоящее время позволяет осуществить газообмен в тонкой пленке крови с минимальными повреждениями форменных элементов крови в течение продолжительного периода проведения процедуры.

Улучшился дизайн аппаратов, они стали менее громоздкими, появились аппараты с возможностью транспортировки пациентов и применения их в военно-полевых условиях.

Специализированные центры начали использовать ЭКМО персонифицировано, как «мост» у пациентов в период нахождения в листе ожидания трансплантации сердца и легких, а также, к примеру, в интраоперационном периоде при трансплантации легких (рис. 7). Следу-

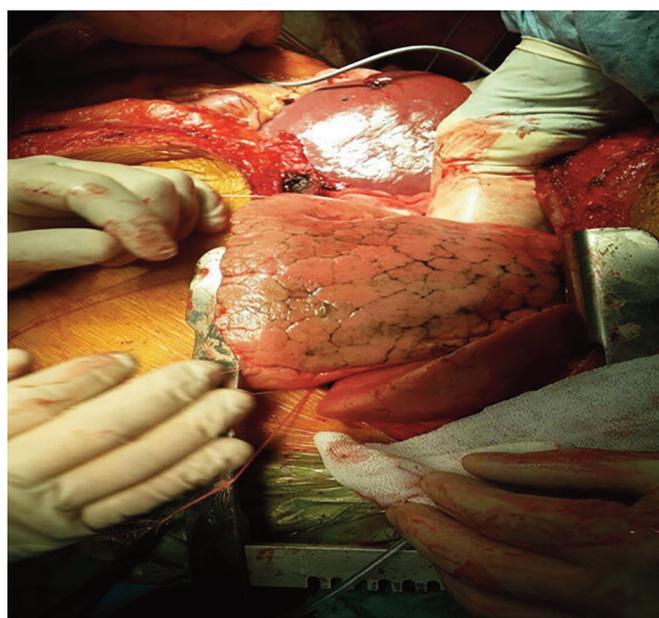


Рис.7. Трансплантация легких.

ет отметить, что в начале 21 века опыт применения методики был ограничен узкоспециализированными центрами.

В 2009 году пандемия нового подтипа вируса гриппа (H1N1), которая распространилась по всему миру, дала мощный толчок к широкому применению ЭКМО во многих странах. Авторы приводили ошеломляющие результаты успешного опыта применения методики, выживаемость составляла 80-90 %, у критических пациентов с острой дыхательной недостаточностью, вызванной вирусом H1N1 [12, 13].

Одновременно с успехами в лечении «свиного гриппа», вышли результаты большого проспективного исследования использования ЭКМО у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом (CESAR), которые были опубликованы в журнале Lancet в 2009 г. Результаты исследования, в которое было включено 180 пациентов, свидетельствовали о лучшей выживаемости в группе, где использовали методику ЭКМО 63 % против 47 %, и авторы сделали вывод, что перевод пациентов с ОРДС в специализированный центр, который обладает возможностью применения ЭКМО, приводит к улучшению результатов лечения [14].

В России в 2016 г. было организовано общество РОСЭКМО (Российское общество специалистов ЭКМО), целью которого является объединение врачей разных специальностей, занимающихся вопросами экстракорпорального кровообращения.

В результате успехов, достигнутых при лечении пандемии H1N1 и опубликованных результатов последних исследований, ЭКМО снова стали рассматривать как методику «спасающую жизнь» при различных патологиях сердечно-сосудистой и дыхательной системы [15].

В зависимости от целей проведения и технического обеспечения в настоящее время применяют следующие методики проведения ЭКМО:

- с использованием насоса крови
 ВА ЭКМО – вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация
 ВВ ЭКМО – вено-венозная экстракорпоральная мембранная оксигенация
 ВАВ ЭКМО – вено-артерио-венозная экстракорпоральная мембранная оксигенация (рис. 8).

- без насоса крови
 АВ ЭКМО – артерио-венозная самопоточная экстракорпоральная мембранная оксигенация.

Параллельно с развитием ЭКМО для поддержки дыхательной функции развивалось направление поддержки пациентов с острой сердечной недостаточностью. В этом направлении ЭКМО можно рассматривать как способ обеспечения сердечно-легочного шунтирования в случае внезапной остановки сердца или при продолжении сердечно-легочного обхода после операции на сердце



Рис.8. ВАВ ЭКМО в раннем послеоперационном периоде после трансплантации легких.

при невозможности остановить искусственное кровообращение [16].

Одним из обязательных условий при проведении ЭКМО является поддержание на оптимальном уровне теплового баланса организма, что может быть достигнуто как применением наружных систем согревания пациентов, так и специальных теплообменных устройств (теплообменников), обеспечивающих активное согревание крови при её прохождении по экстракорпоральном контуру. Процесс теплообмена между водой и кровью в современных оксигенаторах происходит непосредственно внутри оксигенатора. Теплообменная вода поступает во внутреннюю часть оксигенатора через соответствующее входное отверстие, где дальше распределяется по сети волокон, противоположным своим концом открывающихся в выходное отверстие.

Заключение

Новые технологии позволили вернуть интерес к ЭКМО и извлечь практическую пользу в клиническом применении. В настоящее время экстракорпоральная мембранная оксигенация развивается быстрыми темпами и вносит неоспоримый вклад в лечение пациентов с тяжелой дыхательной и/или сердечной недостаточностью.

Предполагаем, что методика имеет хорошие перспективы широкого внедрения в большинство многопрофильных стационаров, с формированием центров с выездными бригадами, оснащенными аппаратами ЭКМО. Число спасенных критических пациентов благодаря ЭКМО будет увеличиваться.

Литература:

1. Журавель, С.В. Организация программы экстракорпоральной мембранной оксигенации у взрослых пациентов в многопрофильном стационаре. Опыт Регенсбурга (Германия) / С. В. Журавель, Д. А. Косолапов, М. В. Кецкало // Трансплантология. - 2014. - № 4. - С.28-32.
2. Lim, M.W. The history of extracorporeal oxygenators / M. W. Lim // *Anaesthesia*. - 2006. - Vol. 61, N 10. - P. 984-995. doi:10.1111/j.1365-2044.2006.04781.x.
3. Брюхоненко, С. С. Аппарат для искусственного кровообращения (теплокровных) // В кн.: Изучение новых методов искусственного кровообращения и переливания крови. Труды Научного химико-фармацевтического института. - Вып. 20. - М., 1928. - С. 73-80.
4. Bartlett, R.H. Extracorporeal life support: Gibbon fulfilled / R.H. Bartlett // *J. Am. Coll. Surg.* - 2014. - Vol. 218, N 3. - P.317-327. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2013.12.002.
5. Clarke, L. C. Jr, The oxygenation of blood by gas dispersion / L. C. Clarke Jr, F. Gollan, V. B. Gupta // *Science*. - 1950. - Vol. 111, N 2874. - P. 85-87. doi: 10.1126/science.111.2874.85-a.
6. Bartlett, R. ECLS: Past, present, and future // *Qatar Med J.* - 2017. - N 1: 4th Annual ELSO-SWAC Conference Proceedings. - Art.8. doi: 10.5339/qmj.2017.swacelso.8.
7. Bartlett, R.H. Extracorporeal life support in the management of severe respiratory failure // *Clin Chest Med.* - 2000. - Vol. 21, N 3. - P. 555-561. doi: 10.1016/S0272-5231(05)70166-0.
8. Zapol, W. M. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure / W. M. Zapol, M. T. Snider, J. D. Hill, R. J. Fallat, R. H. Bartlett, L. H. Edmunds, et al. // *JAMA*. - 1979. - Vol. 242, N 20. - P.2193-2196. doi: 10.1001/jama.242.20.2193.
9. Kolobow, T. An alternative to breathing / T. Kolobow, L. Gattinoni, T. Tomlinson, J. E. Pierce // *J Thorac Cardiovasc Surg.* - 1978. - Vol.7 5, N 2. - P. 261-266.
10. Mugford, M. Extracorporeal membrane oxygenation for severe respiratory failure in newborn infants / M. Mugford, D. Elbourne, D. Field // *Cochrane Database Syst Rev.* - 2008. - N 3. - CD001340. doi: 10.1002/14651858.CD001340.pub2.
11. Евсеев, А. К. Мембраны в технологии экстракорпоральной оксигенации крови / А. К. Евсеев, С. В. Журавель, А. Ю. Алентьев, И. В. Горончаровская, С. С. Петриков // Мембраны и мембранные технологии. 2019. - Т. 9, № 4. - С.235-246.
12. Noah, M. A. Referral to an extracorporeal membrane oxygenation center and mortality among patients with severe 2009 influenza A(H1N1) / M.A. Noah, G. J. Peek, S. J. Finney, M. J. Griffiths, D. A. Harrison, R. Grieve, et al. // *JAMA*. - 2011. - Vol. 306, N 15. - P. 1659-1668. doi: 10.1001/jama.2011.1471.
13. Bonastre, J. Extracorporeal lung support in patients with severe respiratory failure secondary to the 2010-2011 winter seasonal outbreak of influenza A (H1N1) in Spain / J. Bonastre, B. Suberviola, J. C. Pozo, J. E. Guerrero, A. Torres, A. Rodriguez, et al. // *Med Intensiva*. - 2012. - Vol. 36, N 3. - P. 193-199. doi: 10.1016/j.medin.2011.12.004.
14. Peek, G. J. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial / G. J. Peek, M. Mugford, R. Tiruvoipati, A. Wilson, E. Allen, M. M. Thalanany, et al. // *Lancet*. -

References:

1. Zhuravel SV, Kosolapov DA, Ketskalov MV. The Organization of Extracorporeal Membrane Oxygenation Programs for Acute Respiratory Failure in Adult Patients in a multidisciplinary hospital. Review of Experience in Regensburg (Germany). *Transplantologia. The Russian Journal of Transplantation*. 2014;(4):28-32. (In Russ.)
2. Lim MW. The history of extracorporeal oxygenators. *Anaesthesia*. 2006; 61(10): 984-95. doi:10.1111/j.1365-2044.2006.04781.x.
3. Brjuhonenko SS. Apparat dlja iskusstvennogo krovoobrashhenija (teplokrovnyh). In: *Izuchenie novyh metodov iskusstvennogo krovoobrashhenija i perelivaniya krvi. Trudy Nauchnogo himiko-farmaceuticheskogo instituta*. Vyp. 20. Moskva, 1928: 73-80. (In Russ.)
4. Bartlett RH. Extracorporeal life support: Gibbon fulfilled. *J Am Coll Surg*. 2014; 218(3):317-27. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2013.12.002.
5. Clarke LC Jr, Gollan F, Gupta VB. The oxygenation of blood by gas dispersion. *Science*. 1950; 111(2874): 85-7. doi: 10.1126/science.111.2874.85-a.
6. Bartlett R. ECLS: Past, present, and future. *Qatar Med J*. 2017;(1): Art.8. doi: 10.5339/qmj.2017.swacelso.8.
7. Bartlett RH. Extracorporeal life support in the management of severe respiratory failure. *Clin Chest Med*. 2000;21(3):555-561. doi: 10.1016/S0272-5231(05)70166-0.
8. Zapol WM, Snider MT, Hill JD, Fallat RJ, Bartlett RH, Edmunds LH, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. *JAMA*. 1979; 242(20):2193-6. doi: 10.1001/jama.242.20.2193.
9. Kolobow T, Gattinoni L, Tomlinson T, Pierce JE. An alternative to breathing. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1978; 75(2):261-6.
10. Mugford M, Elbourne D, Field D. Extracorporeal membrane oxygenation for severe respiratory failure in newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev*. 2008(3):CD001340. doi: 10.1002/14651858.CD001340.pub2
11. Evseev AK, Zhuravel' SV, Alent'ev Aju, Goroncharovskaja IV, Petrikov SS. Membrany v tehnologii jekstrakorporal'noj oksigenacii krvi. *Membrany i membrannye tehnologii*. 2019;9(4):235-46. (in Russ.)
12. Noah MA, Peek GJ, Finney SJ, Griffiths MJ, Harrison DA, Grieve R, et al. Referral to an extracorporeal membrane oxygenation center and mortality among patients with severe 2009 influenza A(H1N1). *JAMA*. 2011;306(15):1659-68. doi: 10.1001/jama.2011.1471.
13. Bonastre J, Suberviola B, Pozo JC, Guerrero JE, Torres A, Rodriguez A, et al. Extracorporeal lung support in patients with severe respiratory failure secondary to the 2010-2011 winter seasonal outbreak of influenza A (H1N1) in Spain. *Med Intensiva*. 2012;36(3):193-9. doi: 10.1016/j.medin.2011.12.004.
14. Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, Wilson A, Allen E, Thalanany MM, et al. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet*. 2009;374(9698):1351-63. doi: 10.1016/S0140-6736(09)61069-2.
15. Bartlett RH, Deatrck KB. Current and future status of extracorporeal life support for respiratory failure in adults. *Curr Opin Crit Care*. 2016;22(1):80-5. doi: 10.1097/MCC.0000000000000274

2009. – Vol. 374, N 9698. – P. 1351-1363. doi: 10.1016/S0140-6736(09)61069-2.
15. Bartlett, R. H. Current and future status of extracorporeal life support for respiratory failure in adults / R. H. Bartlett, K. B. Deatrck // *Curr Opin Crit Care*. – 2016. – Vol. 22, N 1. – P. 80–85. doi: 10.1097/MCC.000000000000274.
16. Nichol, G. Systematic review of percutaneous cardiopulmonary bypass for cardiac arrest or cardiogenic shock states / G. Nichol, R. Karmy-Jones, C. Salerno, L. Cantore, L. Becker // *Resuscitation*. – 2006. – Vol. 70, N 3. – P.381-394. doi: 10.1016/j.resuscitation.2006.01.018.

Тематическая рубрика:

код ГРНТИ: 76.29.45: Реаниматология и интенсивная терапия.

Дата поступления статьи: 06.03. 2020.

Подписана в печать: 21.03.2020