

DOI: 10.15825/1995-1191-2025-1-84-89

ПРИМЕНЕНИЕ АОРТАЛЬНОГО КРИОСОХРАНЕННОГО ГОМОГРАФТА ДЛЯ ПОДКЛЮЧИЧНОЙ КАНЮЛЯЦИИ ПРИ ЭКМО

Г.Б. Мороз, Д.А. Сирота, А.В. Гусева, А.В. Фомичев, Е.Э. Кливер

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, Новосибирск, Российская Федерация

Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) является важным инструментом в лечении пациентов с тяжелой сердечно-сосудистой недостаточностью в кардиохирургии. Бедренная артерия – наиболее традиционный доступ при проведении вено-артериального ЭКМО у взрослых пациентов. При наличии противопоказаний к традиционным методикам канюляции подключичная артерия является альтернативным доступом, несмотря на то что имеет ряд особенностей. В данной статье описан клинический случай, где у пациента была применена методика периферического подключения ЭКМО с канюляцией в подключичную артерию с использованием гомовитального криосохраненного гомографта брюшного отдела аорты.

Ключевые слова: экстракорпоральная мембранная оксигенация, канюляция, подключичная артерия, гомографт.

USE OF CRYOPRESERVED AORTIC HOMOGRAFT FOR SUBCLAVIAN ARTERIAL CANNULATION DURING EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION

G.B. Moroz, D.A. Sirota, A.V. Guseva, A.V. Fomichev, E.E. Kliver

Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is a vital tool in the treatment of patients with severe cardiovascular failure during heart surgery. The femoral artery is the most common access for veno-arterial ECMO in adults. Where there are contraindications to traditional cannulation techniques, the subclavian artery is an alternative access site, despite its many peculiarities. This paper presents a clinical case where peripheral ECMO connection with cannulation into the subclavian artery using a cryopreserved homovital abdominal aortic homograft was performed in a patient.

Keywords: extracorporeal membrane oxygenation, cannulation, subclavian artery, homograft.

ВВЕДЕНИЕ

Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) – метод, позволяющий осуществлять временную поддержку жизни больных с потенциально обратимой сердечной и/или легочной недостаточностью при помощи искусственного кровообращения (ИК) и газообмена. Согласно последнему отчету ELSO (Extracorporeal Life Support Organization), выживаемость у пациентов с посткардиотомным синдромом составляет 25–50%, успешное отключение от ЭКМО варьирует от 31 до 76% [1]. Бедренная арте-

рия является наиболее традиционным доступом при проведении вено-артериального ЭКМО у взрослых пациентов. Канюляция бедренной артерии сопряжена со значительными рисками, такими как окклюзия артерии, ишемия конечности, реперфузионное повреждение, приводящее к компартмент-синдрому, тромбоз, эмболия, кровотечение и образование гематом [2]. У пациентов с атеросклерозом периферических сосудов риски представленных осложнений значительно выше и могут рассматриваться как противопоказание к канюляции бедренной артерии.

Для корреспонденции: Гусева Анастасия Валерьевна. Адрес: 630055, Новосибирск, ул. Речкуновская, д. 15. Тел. (913) 016-81-31. E-mail: gusevaanastasya@mail.ru

Corresponding author: Anastasiya Guseva. Address: 15, Rechkunovskaya str., 630055, Novosibirsk, Russian Federation. Phone: (913) 016-81-31. E-mail: gusevaanastasya@mail.ru

В качестве альтернативы бедренному доступу у пациентов с противопоказаниями может применяться канюляция подключичной артерии. Данная методика имеет ряд особенностей и, как правило, требует участия хирурга [2]. Использование синтетических протезов лишено некоторых недостатков прямой канюляции периферических сосудов – повреждение канюлей артерии, расслоение сосуда, ишемия конечности, необходимость реконструкции артерии после деканюляции. Однако достичь хорошего гемостаза при формировании анастомоза с синтетическим протезом на фоне выраженной гипокоагуляции очень часто не удается, что приводит к кровопотере через проколы и линию анастомоза.

В данной статье нами представлен клинический случай, где у пациента была применена методика периферического подключения ЭКМО с использованием гомовитального криосохраненного гомографта брюшного отдела аорты. Гомографт был забран у донора со смертью головного мозга в процессе мультиорганного изъятия. Технология изъятия, консервации гомовитальных графтов не предполагает периода тепловой ишемии тканей, а также включает бережный этап программной заморозки, что позволяет сохранить жизнеспособность тканей гомографта, как следствие – прочность и эластичность тканей, что очень важно при выполнении хирургических манипуляций [3]. По данным литературы, ранее канюляция с применением гомографта не осуществлялась.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациенту К., мужчине 62 лет, по показаниям проведена операция экстравазальварного протезирования восходящего отдела аорты (операция David), радиочастотная абляция зон фибрилляции предсердий, аортокоронарное шунтирование. Отключение от ИК на фоне средних доз норэпинефрина, эпинефрина и добутамина. После отключения от ИК по данным чреспищеводной эхокардиографии отмечается снижение сократительной способности миокарда левого и правого желудочка. Ранний послеоперационный период протекал с отрицательной динамикой: нарастание сердечно-сосудистой недостаточности, тенденция к гипотонии, выраженные нарушения кислотно-основного состояния, трудно поддающиеся коррекции (метаболический ацидоз, гипокалиемия, гипергликемия), снижение темпа диуреза. Учитывая отрицательную динамику, клиническую картину и изменения по ЭКГ, пациенту экстренно проведена коронарошунтография – отрицательной динамики не выявлено, коронарные шунты проходимы.

На вторые сутки после операции состояние пациента протекает с выраженной отрицательной динамикой: нарастание сердечно-сосудистой недостаточности, эпизоды желудочковой тахикардии, увеличение уровня лактата до 20 ммоль/л. На фоне

нестабильной гемодинамики и применения инотропных препаратов в крайне высоких дозах принято решение о подключении вено-артериального ЭКМО. Учитывая малый диаметр общих бедренных артерий и диффузный атеросклероз по данным УЗИ, принято решение отказаться от канюляции бедренной артерии. Выполнена рестернотомия, артериальная канюля для ЭКМО установлена в восходящий отдел аорты, венозная канюля заведена под УЗИ-контролем через бедренную вену. Состояние пациента на фоне ЭКМО стабилизировано. Учитывая необходимость длительной механической поддержки функции сердца, а также принимая во внимание дополнительный риск инфекционных осложнений и кровотечения при наличии хирургического диастаза грудины, на вторые сутки ЭКМО было принято решение о закрытии грудной клетки и переключении на периферическую канюляцию. Решено выполнить канюляцию правой подключичной артерии через криосохраненный гомовитальный гомографт брюшного отдела аорты. Диаметр графта – 10 мм, длина – 40 мм (рис. 1).

Хранение криосохраненных графтов осуществляется при температуре $-150...-170$ градусов Цельсия, а процедура разморозки занимает около 1,5–2 часов.

Через косой подключичный доступ размером 4 см выделена правая подключичная артерия. Диаметр артерии – 7 мм. Подготовлен гомографт брюшной аорты. Люмбальные ветви прошиты и клипированы. Далее сформирован проксимальный анастомоз «конец в бок» с подключичной артерией непрерывным обвивным швом нитью 6/0. Дистальный конец гомографта соединен с коннектором 3/8–3/8, сверху укреплен полоской сосудистого протеза из дакрона, с целью избежания прорезывания стенки гомографта. Коннектор фиксирован лавсановой нитью (рис. 2, 3).



Рис. 1. Криосохраненный гомовитальный гомографт брюшного отдела аорты

Fig. 1. Cryopreserved homovital abdominal aortic homograft

Объемная скорость перфузии (ОСП) составила 5,1 л/мин. Активированное время свертывания (АСТ) на фоне ЭКМО поддерживалось на уровне 160–190 секунд. На 9-е сутки ЭКМО в связи с прогрессирующей почечной недостаточностью, развитием олигурии в контур ЭКМО подключена ПЗПТ – непрерывный гемодиализ. На 14-е сутки ЭКМО объемная скорость перфузии снижена до 2,2–1 л/мин. Осуществлена попытка постепенного отключения от ЭКМО, с отрицательным результатом – после остановки ЭКМО отмечалась тенденция к гипотонии (АД 80/40 – 70/30 мм рт. ст.), возник пароксизм ФП, потребовалась инфузия двух инотропных препаратов в высоких дозах. Решено продолжить ЭКМО. На 19-й день ЭКМО произошла

дислокация артериальной канюли из зоны анастомоза между гомографтом и подключичной артерией. На артериальную линию ЭКМО был наложен зажим, хирургом выполнена повторная канюляция в гомографт и фиксация лигатурным узлом. Во время остановки ЭКМО проводилась сердечно-легочная реанимация в течение 7 минут до возобновления работы ЭКМО. Состояние пациента стабилизировано, восстановлена ОСП – 4,3 л/мин, пациент пришел в сознание, продолжено лечение. На 27-е сутки механическая поддержка кровообращения снижена на фоне стабильной системной гемодинамики, отсутствия признаков тканевой гипоперфузии при ОСП до 1 л/мин, принято решение об остановке ЭКМО и де-

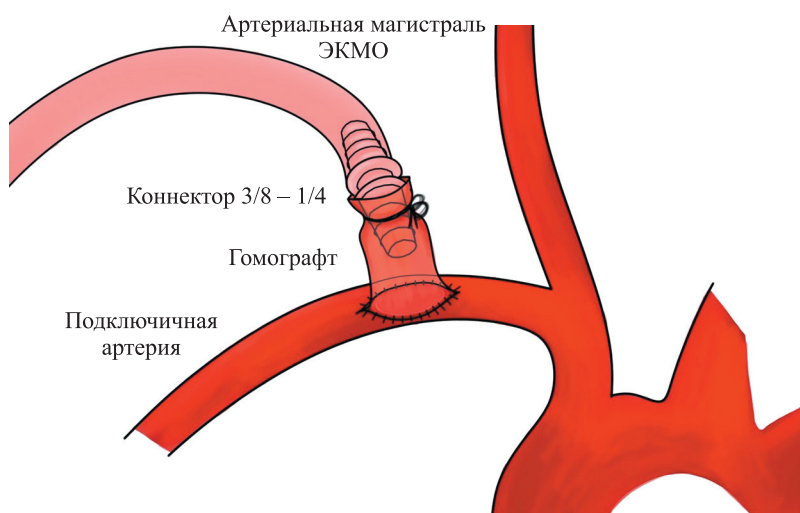


Рис. 2. Схема артериальной канюляции с использованием гомографта

Fig. 2. Scheme of subclavian arterial cannulation using a homograft

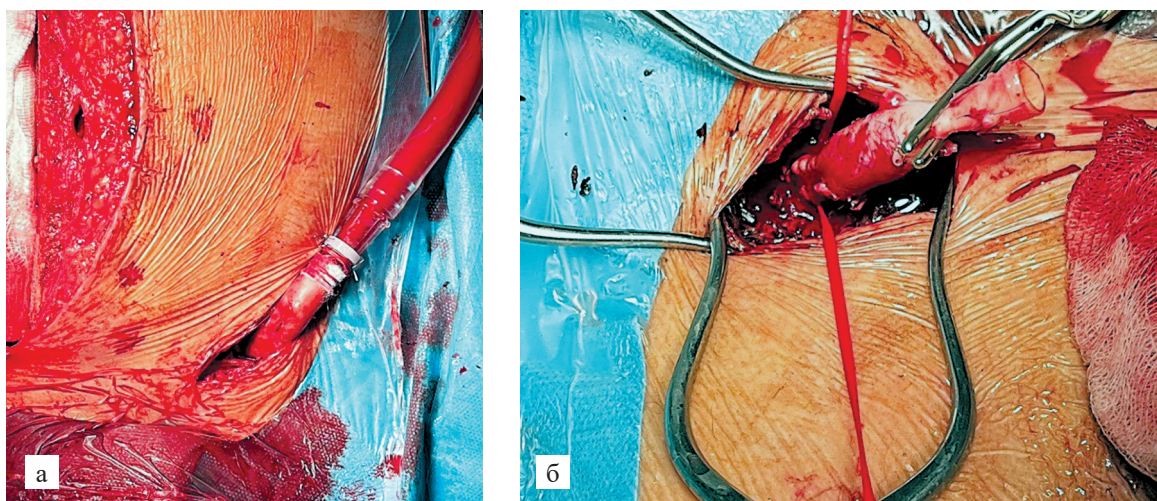


Рис. 3. Интраоперационное фото: а – коннекция между артериальной магистралью и гомографтом, подшитым к подключичной артерии; б – анастомоз между подключичной артерией и гомографтом

Fig. 3. Intraoperative photo: а – connection between the arterial trunk and homograft sutured to the subclavian artery; б – anastomosis between the subclavian artery and homograft

канюляции. Общее время лечения пациента на ЭКМО составило 27 суток.

После отключения от ЭКМО у пациента сохраняется печеночная недостаточность (билирубин крови 261 ммоль/л) и почечная дисфункция, на этом фоне продолжен гемодиализ с цитратной антикоагуляцией. После отключения от ЭКМО на фоне дальнейшего снижения инотропной поддержки явления сердечно-сосудистой недостаточности не нарастали, продолжалось лечение пациента в условиях ОРИТ на ИВЛ через трахеостому. Стоит отметить, что на протяжении всей поддержки ЭКМО не выявлено

трудностей, связанных с проходимостью артериальной канюли или графта, а также кровотечения в области канюляции.

На 14-е сутки после отключения от ЭКМО – летальный исход вследствие полиорганной недостаточности.

Мы выполнили гистологический анализ фрагмента размороженного криосохраненного гомовитального графта. Выявлены умеренные воспалительные изменения со стороны интимального слоя (рис. 4).

Проведенное иммуногистохимическое исследование (ИГХ) эндотелиального фактора CD34, который является хорошо известным маркером клеток-предшественников кровеносных сосудов и стромальных тканей, показало тенденцию к образованию сосудов емкостного типа в адвентициальном слое (рис. 5). ИГХ-реакция с антителом к ASM выявило позитивную экспрессию α -актин гладкомышечных клеток в стенке криосохраненного гомографта с очаговым ее отсутствием в среднем слое.

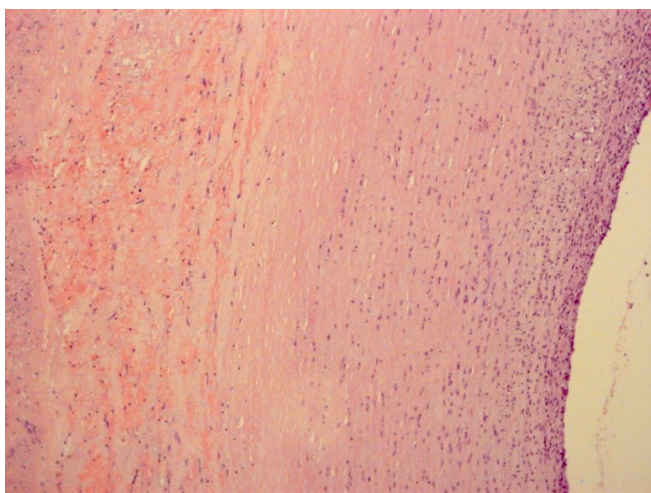


Рис. 4. Фрагмент криосохраненного гомографта. Воспалительные изменения интимы. Окраска гематоксилин-эозином. $\times 400$

Fig. 4. Fragment of cryopreserved homograft. Inflammatory changes in the intima. H&E staining. $\times 400$

ОБСУЖДЕНИЕ

ЭКМО является важным инструментом в лечении пациентов с тяжелой сердечно-сосудистой недостаточностью в кардиохирургии [4, 5]. Поддержка ЭКМО может быть реализована при помощи периферической либо центральной канюляции [4]. Центральная методика канюляции сопряжена с более высоким процентом кровотечений, потребностью в большем количестве трансфузий компонентов крови, необходимостью в повторных операциях и наличием хирургического диастаза грудины, который требует отсроченного ушивания грудной клетки [6, 7]. При применении центральной канюляции практиче-

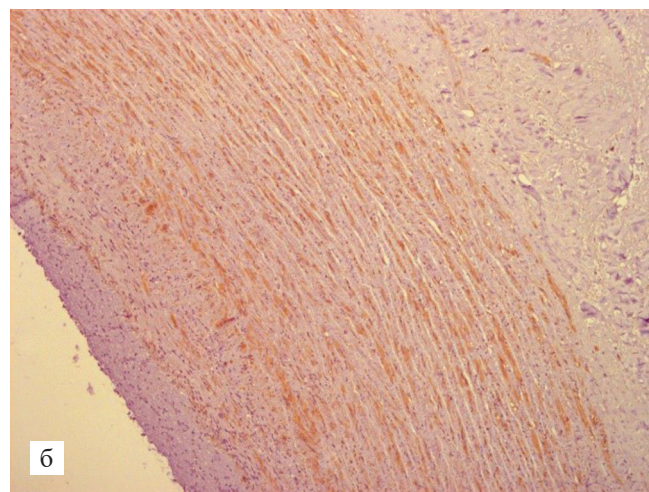
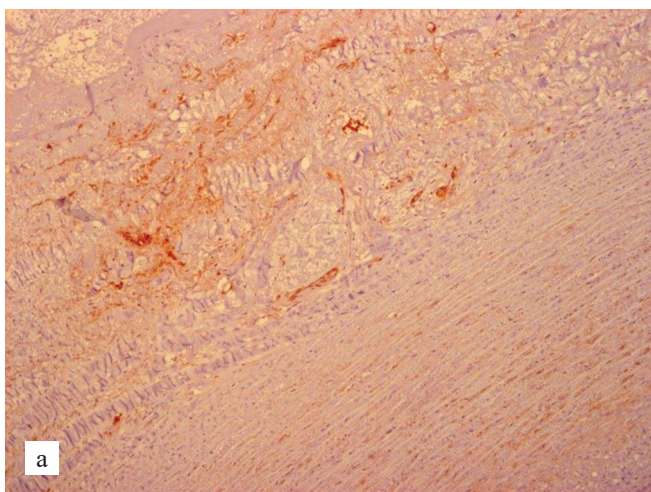


Рис. 5. Фрагмент криосохраненного гомографта: а – формирование сосудов емкостного типа, экспрессия (CD34) в адвентициальном слое; б – неравномерная позитивная экспрессия актина (ASM). $\times 400$. Иммуногистохимическое исследование

Fig. 5. Fragment of a cryopreserved homograft: а – formation of capacitance-type vessels, expression (CD34) in the adventitial layer; б – uneven positive actin expression (ASM). $\times 400$. Immunohistochemistry

ски отсутствуют шансы активизации пациентов на ЭКМО [8]. По данным анализа многоцентрового регистра данных (781 пациент на ЭКМО) и метаанализа, 30-дневная летальность при центральном ЭКМО показала более высокие значения по сравнению с периферическим ЭКМО (72 и 61% соответственно $p = 0,004$) [7].

Периферическая методика канюляции способна обеспечить меньшую травматичность, возможность подключения без участия хирургической бригады, а также имеет высокий потенциал по активизации пациента [2]. В Центре им. ак. Е.Н. Мешалкина за последние два года периферическая канюляция при вено-артериальном ЭКМО была применена в 61% случаев.

Стандартным сосудистым доступом при периферической канюляции для вено-артериальной ЭКМО является общая бедренная артерия и бедренная вена [2]. Особенностью бедренной канюляции является ретроградное направление потока, что в ряде случаев может приводить к повышению давления в ЛЖ, усугублять его дисфункцию, способствовать развитию отека легких, повышать риск тромбообразования в полости левого желудочка и существенно снижать шансы на восстановление его функции [9]. Такая ситуация чаще всего требует дополнительных вмешательств, целью которых является разгрузка левого желудочка. Существуют разные способы разгрузки левого желудочка, все они достаточно инвазивны и порой в зависимости от выбранной тактики требуют дополнительных устройств механической поддержки [10].

При канюляции в подключичную артерию чаще всего используется способ установки артериальной канюли через сосудистый протез посредством анастомоза. Таким образом, не нарушается целостность просвета артерии по сравнению с установкой канюли через стенку артерии. Также это облегчает процедуру деканюляции, снижает риск ишемии конечности, уменьшает риск диссекции артерии и необходимости выполнения пластики сосудистой стенки после прекращения ЭКМО [11].

При канюляции в подключичную артерию основной процент непальсирующего кровотока ЭКМО идет антеградно через дугу в нисходящую аорту, что является более физиологичным вариантом и не вызывает увеличения постнагрузки на ЛЖ в отличие от бедренной канюляции, когда поток крови идет навстречу естественному току крови из левого желудочка [9, 12]. Нами представлен клинический случай применения ЭКМО в периферическом вено-артериальном варианте в течение 27 суток с канюляцией в криосохраненный гомографт брюшной аорты. Канюляция в гомографт, анастомозируемый с подключичной артерией, в клинической практике была применена впервые. Проанализировав литературные данные

(PubMed, Google Scholar, eLIBRARY), мы не нашли случаев использования гомографта для канюляции в подключичную артерию при подключении ЭКМО.

Канюляция в гомографт позволила, во-первых, снизить кровоточивость в месте установки артериальной канюли в условиях высокого давления (до 250 мм рт. ст.) на уровне анастомоза за счет эластичности стенки сосудистого графта, отсутствия деформации анастомоза. При использовании же синтетических протезов ввиду ригидности их стенки, порозности зачастую очень сложно добиться удовлетворительного гемостаза как в зоне линии анастомоза, так и в области проколов, а также пропотевания стенки протеза. Во-вторых, позиционная маневренность канюли при использовании графта оказалась гораздо выше.

Известно, что качество криосохраненного гомографта зависит от технологии приготовления, а наиболее важный фактор – длительность периода тепловой ишемии ткани до этапа консервации. Термин «гомовитальный» предполагает сохранение жизнеспособности значительной части эндотелия, фибробластов и интерстиция после консервации графта. Следует отметить, что криоконсервация не вызывает сильного повреждения интактной ткани. Наилучшие показатели прочности и эластичности стенки демонстрируют графты, забранные у донора со смертью мозга во время мультиорганного изъятия, когда период тепловой ишемии отсутствует. И напротив, если участки сосудистого русла забираются у трупа спустя часы и сутки после наступления биологической смерти, риск несостоятельности и разрыва стенки графта велик [3].

Показано, что клеточный метаболизм не претерпевает изменений при холодовой ишемии до 24 часов и тепловой ишемии, не превышающей 12 часов [13]. Однако Yankah and Hetzer (1987) продемонстрировали, что лишь 24% эндотелиальных клеток выживают при 2-часовой тепловой ишемии, а тепловая ишемия в течение 12 часов приводит к апоптозу клеток [13]. Полученные гистологические данные не противоречат ранее опубликованным литературным данным и подтверждают сохранение жизнеспособности значительной части морфологических структур гомовитального криосохраненного гомографта.

Основным недостатком представленной технологии является невозможность экстренного подключения ЭКМО, так как процедура разморозки графта (около 1,5–2 часов) и формирование анастомоза требуют определенного времени. Также в условиях дефицита доноров необходимо обеспечивать постоянный запас графтов необходимого диаметра, что не всегда возможно. Юридически использование гомографта является трансплантацией «участка сосудистого русла», а следовательно, должны быть соблюдены все необходимые процедуральные и до-

кументальные аспекты, что в urgentных случаях может быть трудновыполнимым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный клинический случай демонстрирует успешный опыт использования криосохраненного сосудистого гомографта при периферическом подключении ЭКМО. Борьба с геморрагическими осложнениями в условиях длительной механической поддержки является одним из серьезных факторов успеха, что определяет актуальность накопления опыта использования представленной технологии для формирования окончательных выводов о ее эффективности.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Whitman GJR. Extracorporeal membrane oxygenation for the treatment of postcardiotomy shock. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017 Jan; 153 (1): 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2016.08.024>.
2. Kervan U, Kocabeyoglu SS, Sert DE, Aygün E, Kavasoğlu K, Karahan M et al. A novel technique of subclavian artery cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Exp Clin Transplant.* 2017 Dec; 15 (6): 658–663. doi: 10.6002/ect.2016.0002.
3. Островский ЮП, Спиридонов СВ, Муратов РМ, Юдина ОА. Технология изготовления и методика использования криосохраненных аллографтов в хирургии пороков аортального клапана. Минск: Беларуская навука, 2016. 232 с. Ostrovsky YuP, Spiridonov SV, Muratov RM, Yudina OA. Technology of manufacturing and technique of using cryopreserved allografts in surgery of aortic valve malformations. Minsk: Belarusian Science, 2016. 232 p.
4. Jacob S, MacHannaford JC, Chamogeorgakis T, Gonzalez-Stawinski GV, Felius J, Rafael AE et al. Ambulatory extracorporeal membrane oxygenation with subclavian venoarterial cannulation to increase mobility and recovery in a patient awaiting cardiac transplantation. *Proc (Bayl Univ Med Cent).* 2017 Apr; 30 (2): 224–225. <https://doi.org/10.1080/08998280.2017.11929596>.
5. Wallinder A, Pellegrino V, Fraser JF, McGiffin DC. ECMO as a bridge to non-transplant cardiac surgery. *J Card Surg.* 2017 Aug; 32 (8): 514–521. <https://doi.org/10.1111/jocs.13172>.
6. Raffa GM, Kowalewski M, Brodie D, Ogino M, Whitman G, Meani P et al. Meta-analysis of peripheral or central extracorporeal membrane oxygenation in postcardiotomy and non-postcardiotomy shock. *Ann Thorac Surg.* 2019 Jan; 107 (1): 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.05.063>.
7. Mariscalco G, Salsano A, Fiore A, Dalén M, Ruggieri VG, Saeed D et al. Peripheral versus central extracorporeal membrane oxygenation for postcardiotomy shock: multicenter registry, systematic review, and meta-analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020 Nov; 160 (5): 1207–1216.e44. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.10.078>.
8. Saeed D, Stosik H, Islamovic M, Albert A, Kamiya H, Maxhera B, Lichtenberg A. Femoro-femoral versus atrio-aortic extracorporeal membrane oxygenation: selecting the ideal cannulation technique. *Artif Organs.* 2014 Jul; 38 (7): 549–555. <https://doi.org/10.1111/aor.12245>.
9. Ahmed Y, Lynch SR, Haft JW, Moll FL, van Herwaarden JA, Burris NS et al. Patient-specific computational modeling of different cannulation strategies for extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J.* 2022 Nov 1; 68 (11): e179–e187. doi: 10.1097/MAT.0000000000001819.
10. Ezad SM, Ryan M, Donker DW, Pappalardo F, Barrett N, Camporota L et al. Unloading the left ventricle in venoarterial ECMO: in whom, when, and how? *Circulation.* 2023 Apr 18; 147 (16): 1237–1250. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.122.062371>.
11. Готье СВ, Понцов ВН, Спирина ЕА. Экстракорпоральная мембранная оксигенация в кардиохирургии и трансплантологии. М.–Тверь: Триада, 2013. 272 с. Gautier SV, Poptsov VN, Spirina EA. Extracorporeal membrane oxygenation in cardiac surgery and transplantation. М.–Tver: Triada, 2013. 272 p.
12. Kinsella JP, Gerstmann DR, Rosenberg AA. The effect of extracorporeal membrane oxygenation on coronary perfusion and regional blood flow distribution. *Pediatr Res.* 1992 Jan; 31 (1): 80–84. doi: 10.1203/00006450-199201000-00015.
13. Smit FE, Bester D, van den Heever JJ, Schlegel F, Botes L, Dohmen PM. Does prolonged post-mortem cold ischemic harvesting time influence cryopreserved pulmonary homograft tissue integrity? *Cell Tissue Bank.* 2015 Dec; 16 (4): 531–544. doi: 10.1007/s10561-015-9500-2.

*Статья поступила в редакцию 22.07.2024 г.
The article was submitted to the journal on 22.07.2024*