

ЧРЕСКОЖНОЕ ТРАНСФЕМОРАЛЬНОЕ ДРЕНИРОВАНИЕ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ КАК МЕТОД ОБЪЕМНОЙ РАЗГРУЗКИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ ВЕНО-АРТЕРИАЛЬНОЙ МЕМБРАННОЙ ОКСИГЕНАЦИИ У ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЦИПИЕНТОВ СЕРДЦА

Попцов В.Н.¹, Спирина Е.А.¹, Слободяник В.В.², Захаревич В.М.^{3, 4}, Еремеева О.А.¹, Масютин С.А.¹

¹ Отделение анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии (зав. – проф. В.Н. Попцов) ФГБУ «ФНЦ трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава России (директор – академик РАМН, проф. С.В. Готье), Москва, Российская Федерация

² Отделение кардиохирургии № 2 (зав. – член-корр. РАМН, проф. Д.В. Шумаков) ФГБУ «ФНЦ трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава России (директор – академик РАМН, проф. С.В. Готье), Москва, Российская Федерация

³ Отделение кардиохирургии № 3 (зав. – проф. Р.Ш. Саитгареев) ФГБУ «ФНЦ трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава России (директор – академик РАМН, проф. С.В. Готье), Москва, Российская Федерация

⁴ Кафедра трансплантологии и искусственных органов (зав. – академик РАМН, профессор С.В. Готье) ГБОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (ректор – член-корр. РАМН, проф. В.П. Глыбочко), Москва, Российская Федерация

Цель работы: оценка эффективности объемной разгрузки левого желудочка (ЛЖ) при проведении периферической ВА ЭКМО путем дополнительного чрескожного трансфеморального дренирования левого предсердия (ЛП). **Материалы и методы.** Обследовали 33 потенциальных реципиентов сердца – 6 (18,2%) женщин и 27 (81,8%) мужчин в возрасте $46,2 \pm 3,7$ года, у которых применили периферическую вено-артериальную экстракорпоральную мембранную оксигенацию (ВА ЭКМО) в качестве предтрансплантационной механической поддержки кровообращения. Показаниями для чрескожного дренирования ЛП считали наличие одного или нескольких клинично-инструментальных проявлений застоя крови в малом круге кровообращения и развитие отека легких, несмотря на адекватную объемную скорость экстракорпорального кровотока и оптимальную разгрузку правых отделов сердца. К разработанному варианту дренирования ЛП при проведении периферической ВА ЭКМО относили установку дополнительной дренажной стандартной венозной ЭКМО-канюли (15, 17 или 19 F), проведенной через бедренную вену в восходящем направлении в правое предсердие и затем непосредственно через межпредсердную перегородку в полость ЛП. **Результаты.** У 20 (60,6%) из 33 обследованных потребовалось раннее ($n = 10$; 50%) или отсроченное ($n = 10$; 50%) трансфеморальное дренирование ЛП. Через 1 ч после начала дренирования ЛП ($1,5 \pm 0,2$ л/мин) выявили уменьшение ($p < 0,05$) ДЛА ср. и ЗДЛА и снижение дозировок кардиотонических препаратов. Объем дренирования крови из ЛП составил $1,5 \pm 0,2$ л/мин. У 18 из 20 пациентов выполнили ТС. 16 (88,9%) из 18 реципиентов с предтрансплантационной ВА ЭКМО были выписаны из стационара. У данной категории реципиентов продолжительность послеоперационной ИВЛ составила $1,5–11,0$ ($7,2 \pm 1,5$) ч, послеоперационного лечения в условиях ОРИТ – $6,7 \pm 0,8$ суток. **Заключение.** Чрескожное трансфеморальное дренирование левого ЛП является эффективным и безопасным методом профилактики возникновения и купирования отека легких, развивающегося на фоне периферической ВА ЭКМО.

Ключевые слова: ВА ЭКМО, отек легких, дренирование левого предсердия, трансплантация сердца.

LEFT VENTRICLE UNLOADING BY PERCUTANEOUS TRANSFEMORAL TRANSSEPTAL CANNULATION OF LEFT ATRIUM IN PATIENTS BRIDGED TO HEART TRANSPLANTATION WITH PERIPHERAL VENO-ARTERIAL EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION

Poptsov V.N.¹, Spirina E.A.¹, Slobodjannik V.V.², Zakharevich V.M.^{3, 4}, Ereemeeva O.A.¹, Masiutin S.A.¹

¹ Department of anaesthesiology and intensive therapy (Head – prof. V.N. Poptsov) Academician V.I. Shumakov Federal Research Center of Transplantology and Artificial Organs (Head – academician of RAMSci, prof. S.V. Gautier), Moscow, Russian Federation.

² Division of cardiac Surgery № 2 (Head – corresponding member of RAMSci, prof. D.V. Shumakov) Academician V.I. Shumakov Federal Research Center of Transplantology and Artificial Organs (Head – academician of RAMSci, prof. S.V. Gautier), Moscow, Russian Federation.

³ Division of cardiac Surgery № 3 (Head – prof. R.S. Saitgareev) Academician V.I. Shumakov Federal Research Center of Transplantology and Artificial Organs (Head – academician of RAMSci, prof. S.V. Gautier), Moscow, Russian Federation.

⁴ Chair of Transplantology and Artificial Organs (Head – academician of RAMSci, prof. S.V. Gautier) I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Rector – corresponding member of RAMSci, prof. P.V. Glybochko), Moscow, Russian Federation.

Aim. Peripheral VA ECMO is effective method of circulatory support in heart transplant candidates with life threatening CHF. However this type of extracorporeal life support may be complicated by pulmonary congestion (“white lung”) as a result of left ventricle (LV) dilatation and volume overload. Difference approach proposed for LV unloading following VA ECMO circulatory support. We report our experience of LV unloading by percutaneous introduced of supplement drainage cannula in the left atrium (LA) through the femoral vena and interatrial septum. **Material and methods.** In this study was included 33 heart transplant candidates (6/27 F/M, age 46.2 ± 3.7 yrs) on peripheral VA ECMO support. For LV unloading we used supplement standard venous ECMO-cannula (15–19 F) percutaneous introduced in LA through the femoral vena of conterlateral leg and connected to the venous line of ECMO circuit. **Results.** To 20 (60.6%) from 33 patients needed of early ($n = 10$) or delayed ($n = 10$) LA drainage. After beginning of LV drainage we noted of significant ($p < 0.05$) decreasing of PAWP from 31 ± 3 to 14 ± 3 mm Hg and resolution of pulmonary edema. Mean blood flow on LA cannula was 1.5 ± 0.2 l/min. To 18 (90%) from 20 patients was successfully bridged to heart transplantation. Duration VA ECMO before OHT was 8.6 ± 1.7 days. 16 (88.9%) recipients were discharged from hospital. **Conclusion.** Active LA drainage is as effective tool of LV unloading and protection of pulmonary congestion and edema in patients bridged to heart transplantation by peripheral VA ECMO.

Key words: ECMO, pulmonary edema, left atrium decompression, heart transplantation.

Попцов Виталий Николаевич – д. м. н., заместитель директора по реализации высокотехнологичных программ, зав. отделом анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «ФНЦТИО им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава России (директор – академик РАМН, проф. С.В. Готье). Спирина Екатерина Александровна – врач анестезиолог-реаниматолог того же отделения. Еремеева Ольга Александровна – врач анестезиолог-реаниматолог того же отделения. Масютин Сергей Александрович – клинический ординатор того же отделения. Слободянский Владимир Владимирович – врач кардиохирург отделения кардиохирургии № 2 (зав. – член-корр. РАМН, проф. Д.В. Шумаков) того же центра. Захаревич Вячеслав Мефодиевич – д. м. н., врач кардиохирург отделения кардиохирургии № 3 (зав. – проф. Р.Ш. Саятгареев) того же центра; профессор кафедры трансплантологии и искусственных органов (зав. – академик РАМН, профессор С.В. Готье) ГБОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (ректор – член-корр. РАМН, проф. В.П. Глыбочко), Москва, Российская Федерация.

Для корреспонденции: Попцов Виталий Николаевич. Адрес: 123182, Москва, ул. Щукинская, д. 1.

Телефон +7-963-644-96-39. E-mail: poptsov_vit@mail.ru

Poptsov V.N. – doct. of med. Sci, prof, deputy director for high technology programs implementation, head of Department of anaesthesiology and intensive therapy of Academician V.I. Shumakov federal research center of transplantology and artificial organs. Spirina Ekaterina Aleksandrovna – physician anesthesiologist of the same department. Ereemeeva Olga Aleksandrovna – physician anesthesiologist of the same department. Masiutin Sergey Aleksandrovich – clinical intern of the same department. Slobodjannik Vladimir Vladimirovich – physician heart surgeon of the same center. Zakharevitch Vyacheslav Mefodievich – M. D., physician heart surgeon of the same center.

For correspondence: Poptsov V.N. Address: Schukinskaya 1, 123182.

Tel. +7-963-644-96-39. E-mail: poptsov_vit@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы периферическая вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВА ЭКМО) все чаще стала применяться в качестве метода предтрансплантационной поддержки кровообращения у потенциальных реципиентов сердца [1]. Отдельные трансплантационные центры используют периферическую ВА ЭКМО как основной метод временной механической поддержки кровообращения у пациентов, нуждающихся в неотложной трансплантации сердца (ТС) [2]. Удовлетворительные показатели ранней и отдаленной выживаемости после ТС, выполненной с предтрансплантационной ВА ЭКМО, указывают на обоснованность ее применения у пациентов с дооперационным статусом, соответствующим 1-му или 2-му уровню по шкале INTERMACS, когда применение систем длительной механической поддержки кровообращения признается нецелесообразным из-за высокого риска неблагоприятного (летального) исхода.

Недавно опубликованные сообщения и клинические исследования показывают положительные стороны периферической методики проведения ВА ЭКМО, а также указывают на возможные осложнения и ограничения использования этого метода вспомогательного кровообращения у потенциальных реципиентов сердца и других категорий кардиохирургических больных [3, 4].

Отсутствие адекватной гемодинамической разгрузки левого желудочка (ЛЖ) при проведении периферической ВА ЭКМО в 25–40% наблюдений может привести к развитию застоя крови в малом круге кровообращения и клинико-рентгенологическим проявлениям отека легких, а тяжелых случаях и к легочному кровотечению, что может негативно повлиять на результативность ее применения [5]. В настоящее время предложено несколько методик объемной разгрузки ЛЖ при проведении периферической ВА ЭКМО, включая использование миниинвазивных и хирургических методов его дополнительного дренирования [6]. Учитывая имеющийся опыт пункций межпредсердной перегородки через трансфеморальный доступ при выполнении изоляции легочных вен у пациентов с тахикардиями, мы предположили, что дренирование левого предсердия (ЛП) через межпредсердную перегородку дренажной венозной ЭКМО-канюлей (15–19 F), проведенной из бедренной вены и соединенной с венозной магистралью экстракорпорального контура, может обеспечить адекватную объемную разгрузку левых отделов сердца при проведении периферической ВА ЭКМО у потенциальных реципиентов сердца, нуждающихся в неотложном выполнении ТС. Ранее была продемонстрирована возможность трансептального дренирования ЛП

посредством дополнительной дренажной венозной канюли с целью разгрузки левых отделов сердца при ВА ЭКМО [7].

Целью исследования явилась оценка эффективности объемной разгрузки ЛЖ при проведении периферической ВА ЭКМО путем дополнительного чрескожного трансфеморального дренирования левого предсердия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Программа применения периферической ВА ЭКМО в качестве механической поддержки кровообращения у потенциальных реципиентов сердца, нуждающихся в неотложной трансплантации (статус UNOS 1A), была начата в ФНЦТИО им. академика В.И. Шумакова в апреле 2011 г. В исследование включили 33 потенциальных реципиентов сердца: 6 (18,2%) женщин и 27 (81,8%) мужчин в возрасте $46,2 \pm 3,7$ года.

Основной патологией у 23 из 33 (69,7%) реципиентов явилась дилатационная кардиомиопатия, у 5 (15,2%) – ИБС, у 4 (12,1%) – необратимая дисфункция сердечного трансплантата, у 1 (3,0%) – декомпенсированный порок аортального клапана. На основании данных исследования центральной гемодинамики, предшествовавшего включению пациентов в лист ожидания, ЛП 1A ст. (классификация НИИТиО) диагностировали у 15 (45,5%) реципиентов, 1B ст. – у 17 (51,5%), 2-ю ст. – у 1 (3,0%). При этом значение транспульмонального градиента составило $12,7 \pm 1,7$ мм рт. ст., легочного сосудистого сопротивления – $4,4 \pm 1,2$ ед. Вуда.

Показаниями к началу применения периферической ВА ЭКМО у потенциальных реципиентов сердца являлась прогрессирующая жизнеугрожающая декомпенсация сердечной недостаточности, клинико-лабораторными проявлениями которой считали: систолическое АД <90 мм рт. ст., среднее АД <60 мм рт. ст., давление правого предсердия (ДПП) >10 мм рт. ст., заклинивающее давление легочной артерии (ЗДЛА) >25 мм рт. ст., индексированный ударный объем (ИУО) <25 мл/м², сердечный индекс (СИ) $<1,8$ л/мин/м², допамин/добутамин $>7,5$ мкг/кг/мин или потребность в адреналине, олигурия ($<1,0$ мл/кг/ч за последние 6 ч), креатинин >120 мкмоль/л, мочевины >12 ммоль/л, общий билирубин >30 мкмоль/л, лактат крови >4 ммоль/л, нарастание общей слабости, акроцианоз (как проявление нарушения периферической микроциркуляции), одышка в покое (как проявление нарастающей левожелудочковой недостаточности), наличие жизнеугрожающих нарушений сердечного ритма (пароксизмальная форма желудочковой тахикардии), частое срабатывание имплантируемого кардиовертера-дефибриллятора, наличие эпизода

эффективных реанимационных мероприятий (непрямой массаж сердца, наружная электрическая дефибрилляция), ФИ ЛЖ <20%.

При принятии решения о постановке системы периферической ВА ЭКМО как метода вспомогательного кровообращения также учитывали возможность дальнейшего усугубления клинического состояния пациента и риск развития остановки сердца и системного кровообращения.

Для проведения периферической ВА ЭКМО использовали экстракорпоральный контур с гепариновым покрытием (Bioline Coating), состоящий из венозной дренажной канюли, венозной магистрали, насоса крови, мембранного оксигенатора, артериальной магистрали и артериальной возвратной канюли. Размер венозной и артериальной магистралей во всех наблюдениях составил 3/8". Для проведения ВА ЭКМО использовали системы вспомогательного кровообращения RotoFlow Console и Cardiohelp-i (производитель Maquet), в качестве насоса крови – отдельный (для RotoFlow Console) или встроенный (для Cardiohelp-i) центрифужный насос (производитель Maquet) объемом заполнения 32 мл. С целью осуществления экстракорпорального газообмена применили полиметилпептиновый мембранный оксигенатор: PLS (площадь поверхности газообмена 1,8 м², площадь поверхности теплообмена 0,4 м², первичный объем заполнения 215 мл, производитель Maquet) или HLS (площадь поверхности газообмена 1,8 м², площадь поверхности теплообмена 0,4 м², первичный объем заполнения 240 мл, производитель Maquet). Заполнение контура ВА ЭКМО производили раствором Plasmalyte (Baxter) с добавлением 2500 Ед нефракционированного гепарина. Общий объем заполнения контура ВА ЭКМО вместе с оксигенатором составил в среднем 585–600 мл. Для поддержания оптимального температурного режима во время проведения ВА ЭКМО использовали экстракорпоральное теплообменное устройство Heater Unit 35 (производитель Maquet). Для дозирования подачи газовой воздушно-кислородной смеси (л/мин) и содержания в ней O₂ использовали смеситель газов со встроенным ротаметром Blender 1085 (производитель Medin). С целью дополнительного контроля за объемной скоростью кровотока по различным отделам экстракорпорального контура (венозная магистраль, артериальная магистраль, левопредсердная дренажная магистраль) применяли ультразвуковой флоуметр Nova Flow Ultrasonic Flowcomputer (производитель Novalung).

Во всех наблюдениях периферическую канюляцию производили открытым хирургическим способом из бедренного доступа в условиях общей анестезии, включавшей проведение ИВЛ через интубационную трубку. Для забора венозной крови в экстракорпоральный контур использовали од-

нопросветную венозную периферическую канюлю (производитель Medtronic или Maquet) размером 21, 23 или 25 F, под транспищеводным эхокардиографическим контролем устанавливаемую из трансфеморального доступа в нижнюю полую вену на уровне 3–5 см ниже ее впадения в правое предсердие.

Для возврата артериализованной крови использовали артериальную периферическую канюлю (производитель Medtronic или Maquet) размером 15, 17 или 19 F, устанавливаемую через общую бедренную артерию в восходящем, ретроградном направлении.

С целью профилактики ишемии нижней конечности производили ее селективную перфузию через отдельную артериальную канюлю или однопросветный сосудистый катетер размером 8 или 10 F, устанавливаемый в просвет наружной бедренной артерии на глубину 5–8 см.

В большинстве наблюдений использовали методику туннелирования и выведения канюль через отдельные контраппертурные отверстия (рис. 1). Для периферической канюляции использовали бедренные сосуды одной нижней конечности.

С целью гипокоагуляции применили постоянную инфузию нефракционированного гепарина. Оптимальным при проведении ВА ЭКМО с объемной скоростью >4,0 л/мин считали уровень активированного времени свертывания крови (АВСК) 140–160 сек, при объемной скорости <4,0 л/мин – более 160 сек.

Клинико-инструментальными критериями адекватной разгрузки левых отделов сердца при проведении периферической ВА ЭКМО являлись: отсутствие ощущения затрудненного дыхания (диспноэ) на фоне самостоятельного дыхания; отсутствие рентгенологических признаков интерстициального или альвеолярного отека легких (феномен «белые» легкие); уровень ЗДЛА ≤ 18 мм рт. ст. Для предупреждения объемной перегрузки ЛЖ использовали

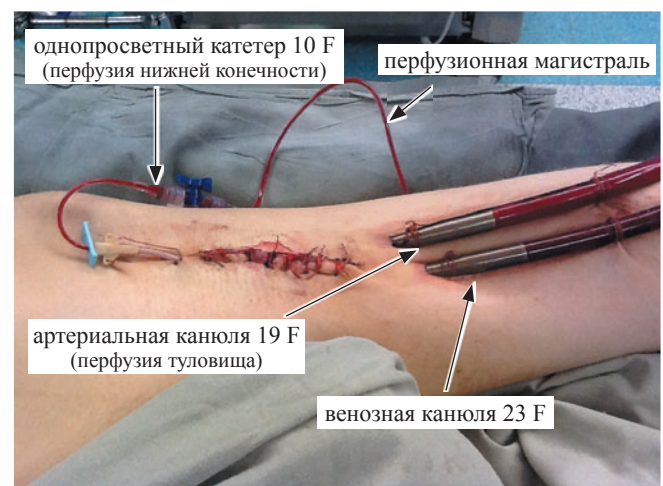


Рис. 1. Канюляция бедренных сосудов при проведении периферической ВА ЭКМО

следующие методические подходы: поддержание адекватной объемной скорости экстракорпорального кровотока, обеспечивающей волемическую разгрузку правого предсердия (ДПП < 5 мм рт. ст.); проведение активной дегидратационной терапии с целью устранения гиперволемии (диуретическая терапия; ультрафильтрация на фоне проведения заместительной почечной терапии); использование кардиотонических препаратов. Неэффективность вышеперечисленных лечебных мероприятий являлась обоснованием для дренирования левых отделов сердца.

Показаниями для чрескожного дренирования левого предсердия считали наличие одного или нескольких клинко-инструментальных проявлений застоя крови в малом круге кровообращения и развитие отека легких, несмотря на адекватную объемную скорость экстракорпорального кровотока и оптимальную разгрузку правых отделов сердца:

- жалобы пациента на затрудненное дыхание или чувство нехватки воздуха (если находится на спонтанном дыхании);
- возникновение ажитированного состояния пациента;
- аускультативные проявления отека легких (распространенные влажные хрипы);
- рентгенологическое проявление отека легких (феномен «белые легкие»; рис. 2);
- ЗДЛА > 18 мм рт. ст.;

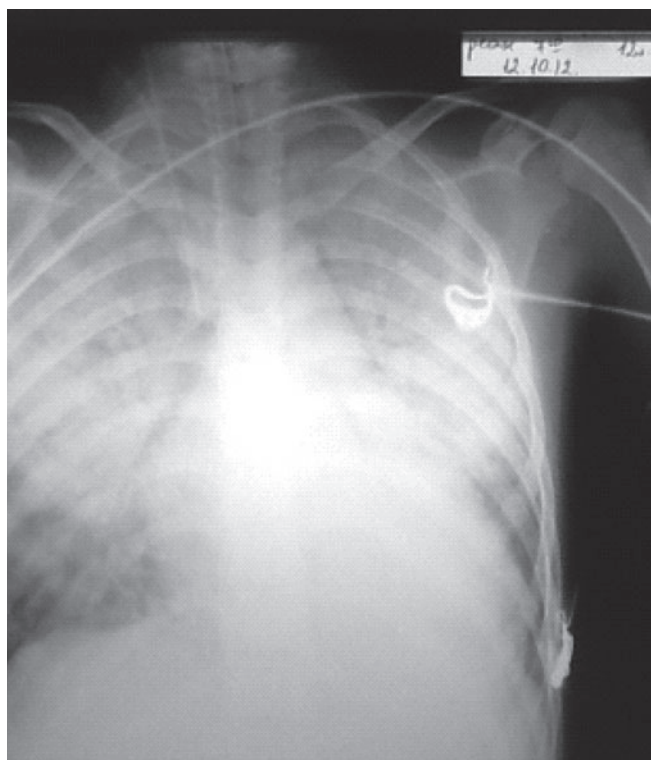


Рис. 2. Рентгенологический феномен «белые легкие» при объемной перегрузке левых отделов сердца на фоне ВА ЭКМО

- снижение оксигенации верхней части туловища (S_pO_2 или $S_aO_2 \leq 95\%$);
- необходимость применения вспомогательной искусственной вентиляции легких (ВИВЛ) через назальную или лицевую маску или перевода пациентов на ИВЛ (интубация трахеи);
- прогрессирующее ухудшение остаточной насосной функции ЛЖ: ФИ < 15% или ее снижение по сравнению с предшествующим периодом; отсутствие уменьшения или увеличение КДРЛЖ, КДОЛЖ; сохранение или прогрессирование диффузного гипокинеза миокарда ЛЖ; сохранение выраженной митральной регургитации или ее прогрессирование (>2 ст.); усиление ЭхоКГ-феномена «закрытого аортального клапана» (рис. 3);
- несмотря на адекватное дренирование правых отделов сердца (ДПП < 5 мм рт. ст.), адекватную скорость экстракорпорального кровотока (>2,2 л/мин/м²), отсутствие гиперволемии (применение диуретических препаратов или заместительной почечной терапии или ограничение инфузионно-трансфузионной терапии), использование кардиотонических препаратов в высоких дозировках (допамин/добутами >7,5 мкг/кг/мин или потребность в применении адреналина или левосимендана), уровень АДср. (60–80 мм рт. ст.).

Основным противопоказанием для дренирования левого предсердия считали наличие его тромбоза.

К разработанному варианту дренирования ЛП при проведении периферической ВА ЭКМО относили установку дополнительной дренажной канюли, проведенной через бедренную вену в восходящем направлении в правое предсердие и затем непосредственно через межпредсердную перегородку в полость ЛП. В качестве дренажной канюли использовали стандартную цельнолитую армированную бедренную венозную ЭКМО-канюлю серии Bio-Medicus® (Medtronic®) диаметром 15 (5 мм), 17 (5,7 мм) или 19 F (6,3 мм), длиной 76,2 см, с антитромботическим покрытием Carmeda Bio-Active®, с концевым коннектором 3/8'' (или 0,95 см) и внутренним интродьюсером-направителем для облегчения проведения. Размер канюли определялся антропометрическими данными пациента. Для транссептальной пункции и канюляции ЛП использовали: транссептальную пункционную иглу с металлическим стилетом, длинный интродьюсер, длинный дилатор и металлический проводник с J-образным кончиком (длина 140 см) (рис. 4).

Предварительно производили пункцию межпредсердной перегородки (транссептальная пункция) с помощью стальной транссептальной иглы со

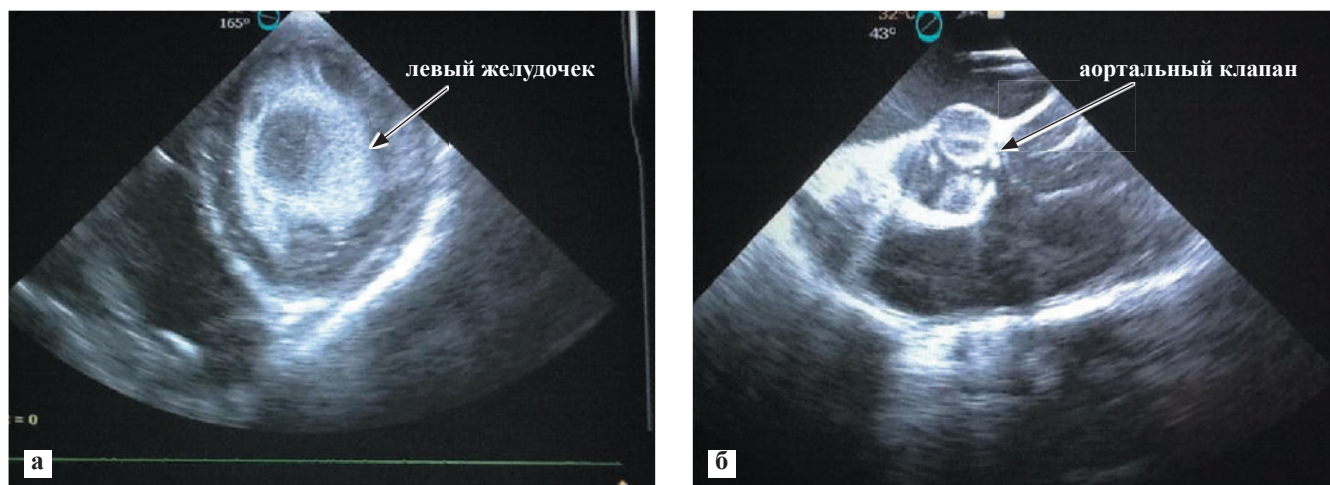


Рис. 3. Эхокардиографические феномены спонтанного контрастирования левого желудочка (а) и закрытого аортального клапана (б)

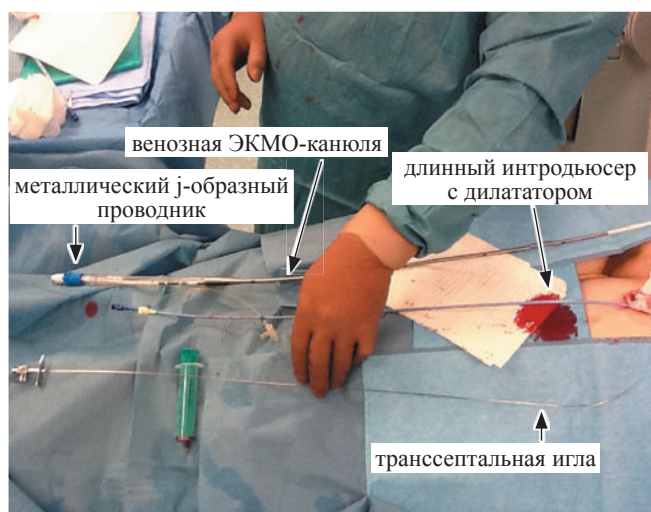


Рис. 4. Набор для транссептальной пункции и дренирования левого предсердия

стальным стилетом размерами 71, 89 или 98 см и J-образным изгибом дистальной части. Транссептальную иглу проводили через левую или правую бедренную вену противоположной месту канюляции ВА ЭКМО ноги по интродьюсеру 8F, длиной 62, 63 или 77 см, с изогнутым под 50° дистальным концом. Во всех случаях пункцию межпредсердной перегородки (МПП) производили в области овальной ямки (рис. 5).

После подтвержденной пункции МПП через пункционную иглу проводили J-образный проводник (150 см), дистальный отдел которого доходил до уровня верхней легочной вены. С целью предварительной дилатации пункционного отверстия МПП из трансфеморального доступа в полость ЛП по J-образному проводнику заводили длинный интродьюсер с дилататором (рис. 6). После преддилатации через МПП по J-образному проводнику в полость ЛП

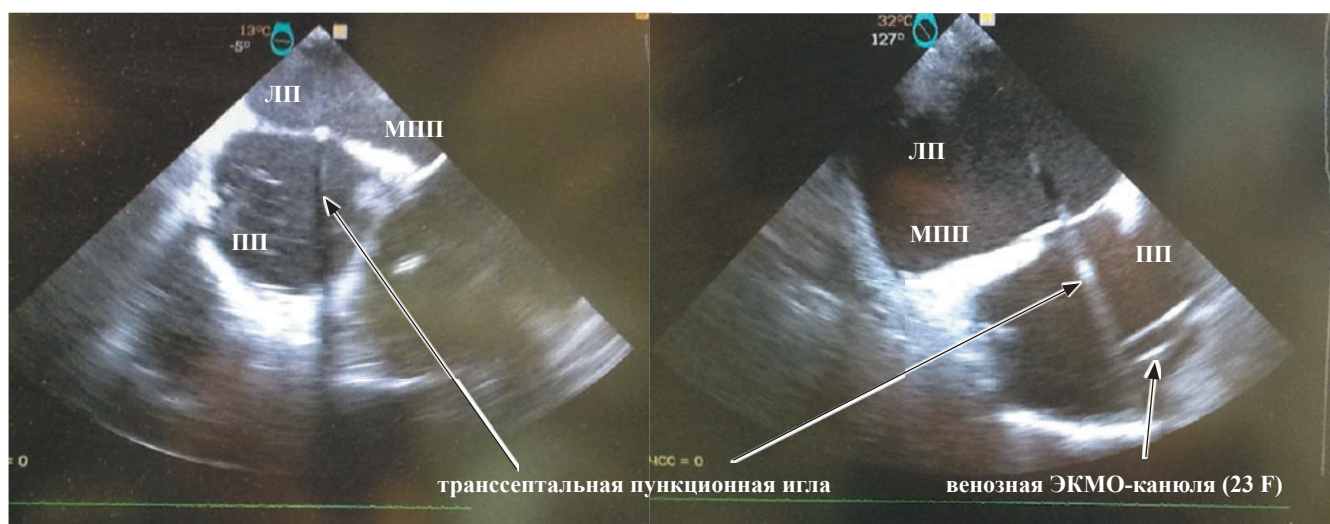


Рис. 5. Пункция левого предсердия через межпредсердную перегородку из трансфеморального доступа. Здесь и далее: ЛП – левое предсердие; ПП – правое предсердие; МПП – межпредсердная перегородка

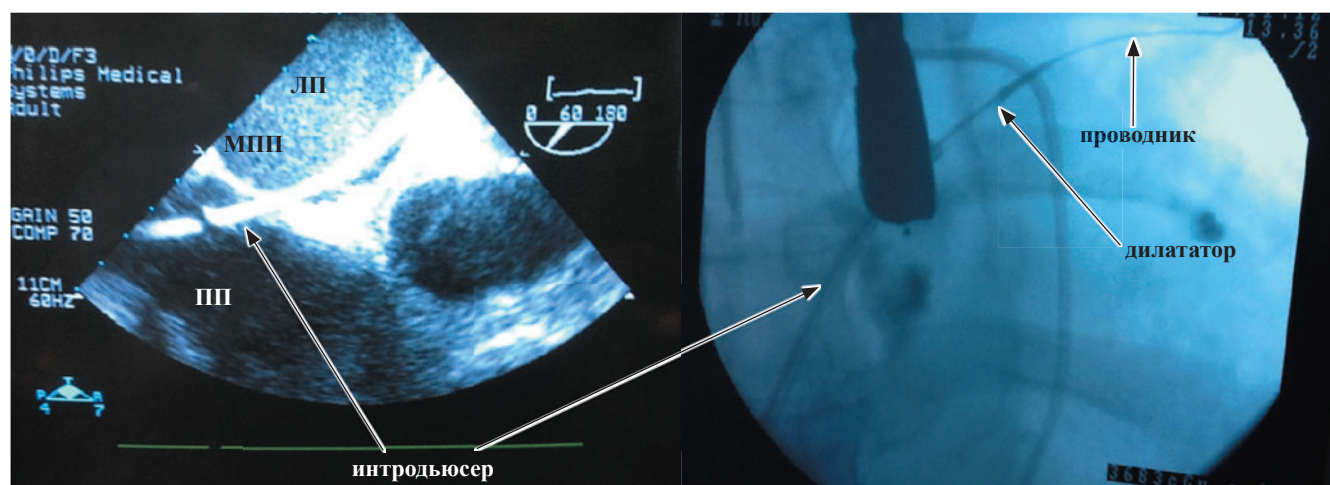


Рис. 6. Преддилатация пункционного отверстия в межпредсердной перегородке с помощью длинного интродьюсера и дилататора (8F)

заводили венозную ЭКМО-канюлю 15, 17 или 19 F, надетую на пластиковый стилет-проводник (рис. 7). После проведения дренажной канюли на 3–5 см в полость левого предсердия стилет-проводник извлекали из просвета канюли. Далее канюлю через магистраль 3/8'' и Y-коннектор (3/8–3/8–3/8'') соединяли с венозной магистралью контура ВА ЭКМО (рис. 8, 9).

Процедуры пункции МПП, ее предварительной дилатации, проведения и правильного расположения дренажной канюли в полости ЛП производили под флюороскопическим и эхокардиографическим (транспищеводная эхокардиография) контролем. В отдельных исследованиях для верификации положения дренажной канюли в полости левого предсердия использовали компьютерно-томографическое исследование (рис. 10).

На протяжении всего перитрансплантационного периода с целью объективизации лечения в усло-

виях ОРИТ и интраоперационного анестезиологического пособия регистрировали следующие инвазивные и неинвазивные параметры центральной гемодинамики: АД систолическое, диастолическое и среднее (мм рт. ст.), ЧСС (1/мин), ДПП (мм рт. ст.), давление в легочной артерии систолическое, диастолическое и среднее – ДЛА ср. (мм рт. ст.), ЗДЛА (мм рт. ст.), СИ (л/мин), ИУО (мл/м²), транспульмональный градиент (ТПГ, мм рт. ст.), легочное сосудистое сопротивление (ЛСС, ед. Вуда), индексированное общее легочное сосудистое сопротивление (ИОЛСС, дин с см⁻⁵ м²), индексированное общее периферическое сосудистое сопротивление (ИОПСС, дин с см⁻⁵ м²), индексированный конечно-диастолический объем правого желудочка (ИКДОПЖ, мл/м²), фракция изгнания правого желудочка (ФИ ПЖ, %), конечно-диастолический размер ЛЖ (КДР ЛЖ, см), конечно-систолический размер ЛЖ (КСР ЛЖ, см),

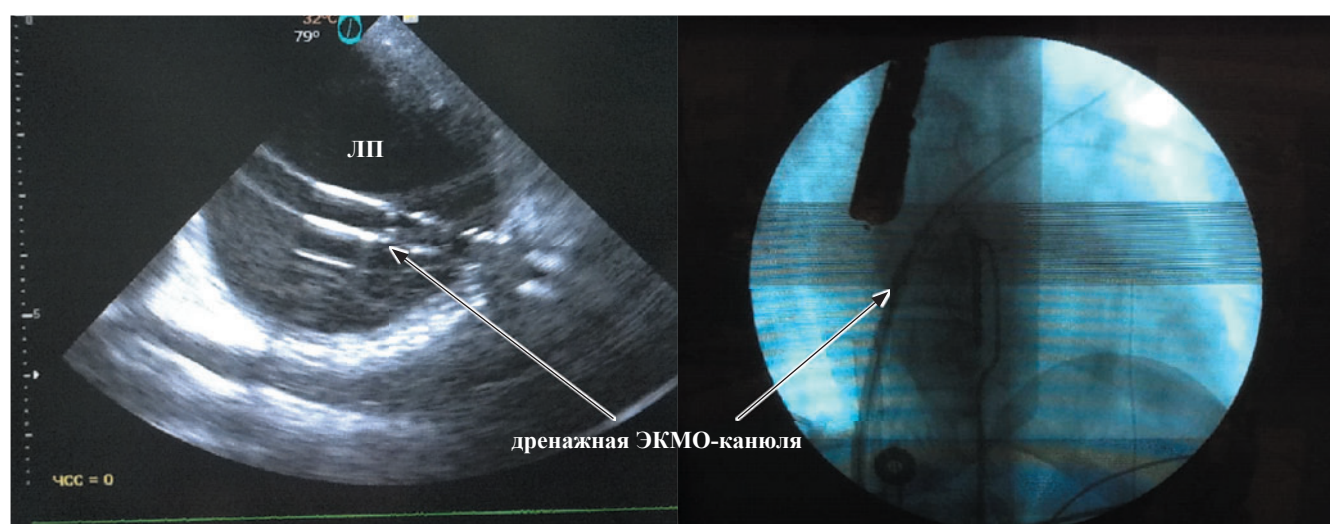


Рис. 7. Установка дренажной канюли в полость левого предсердия через межпредсердную перегородку из трансфеморального доступа

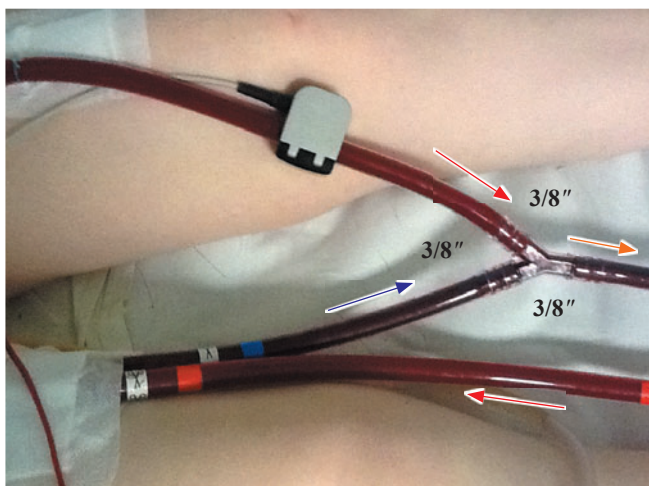


Рис. 8. Направление потока крови при одновременном дренировании правых отделов сердца и левого предсердия

конечно-диастолический объем ЛЖ (КДО ЛЖ, см), конечно-систолический объем ЛЖ (КСО ЛЖ, см), ударный объем ЛЖ (УО ЛЖ, мл), фракция изгнания ЛЖ (ФИ ЛЖ, %), переднезадний размер правого желудочка (ПЖ, см), переднезадний размер левого предсердия, площадь и объем трикуспидальной регургитации, площадь и объем митральной регургитации.

Для объективизации проведения процедуры ВА ЭКМО регистрировали также давление между венозной канюлей и насосом крови (P_1 , мм рт. ст.), между насосом крови и оксигенатором (P_2 , мм рт. ст.), между оксигенатором и артериальной канюлей (P_3 , мм рт. ст.), градиент давления на мембранном оксигенаторе ($\Delta P_3 - P_2$, мм рт. ст.), объемную скорость экстракорпорального кровотока (л/мин), индексированную объемную скорость экстракорпорального кровотока (л/мин/м²), скорость обращения



Рис. 9. Внешний вид пациентки с периферической ВА ЭКМО и дренажом левого предсердия

(оборотов) центрифужного насоса (оборотов/мин), объемную скорость дренирования крови по дополнительной дренажной канюле, установленной через межпредсердную перегородку в левое предсердие (л/мин). Регистрировали объемную скорость (л/мин) подачи газовой смеси, поступающей в оксигенатор, и значение ее FiO_2 , величины которых устанавливались в соответствии с необходимостью

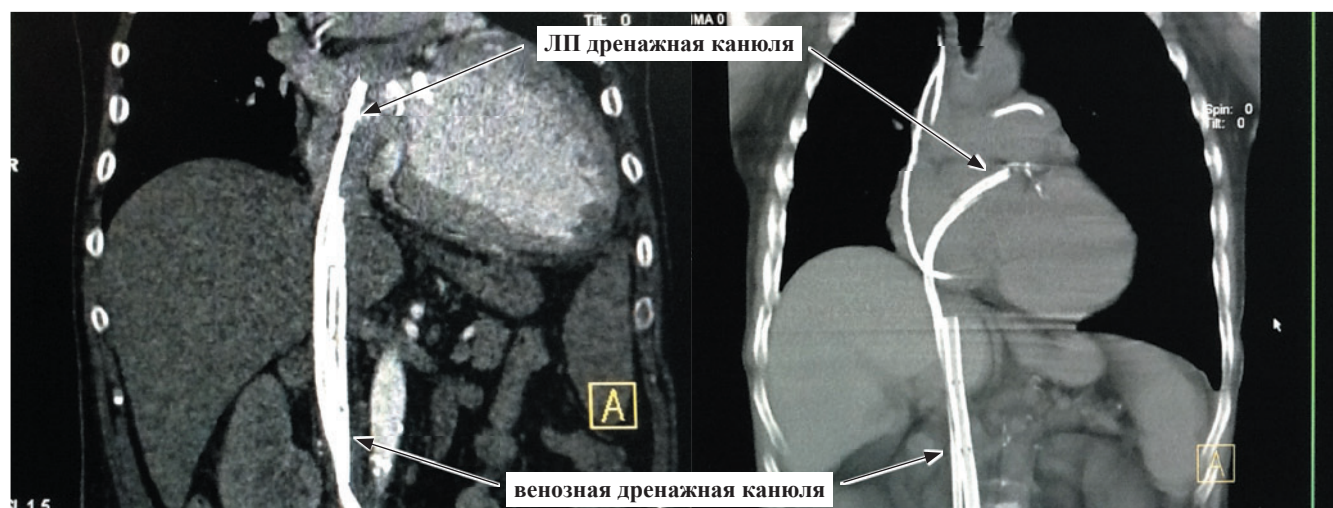


Рис. 10. Взаиморасположение венозной дренажной канюли и левопредсердной дренажной канюли (компьютерно-томографическое исследование)

поддержания оптимального уровня оксигенации артериальной крови (P_aO_2 , мм рт. ст.) в верхней и нижней частях тела и уровня P_aCO_2 .

Выполняли регулярное (каждые 3 ч) исследование крови (в зависимости от цели артериальной и/или венозной крови) на газовый состав, КОС, электролитный состав, лактат, гемоглобин (Hb), общий белок, АВСК, отсутствие или наличие гемолиза. Ежедневно (при необходимости чаще) производили определение клеточного состава крови, коагулограммы и биохимическое исследование крови.

Статистическую обработку данных производили с помощью программного продукта Biostat. Средние значения числовых параметров представлены в виде $M \pm m$. Сравнение средних величин производили с помощью Mann-Whitney U-test или Student's t-test. Достоверным считали различие $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

У 20 (60,6%) из 33 пациентов, несмотря на объемную разгрузку правых отделов сердца (ДПП < 4 мм рт. ст.) на фоне адекватной объемной скорости экстракорпорального кровотока ($> 2,2$ л/мин/ m^2), активно проводимой дегидратационной и кардиотонической терапии, сохранялся повышенным уровень ЗДЛА (31 ± 3 мм) и имелись клинко-рентгенологические признаки застоя крови в малом круге кровообращения (табл. 1). У этих пациентов с целью объемной разгрузки левых отделов сердца произвели трансфеморальное дренирование ЛП с помощью дополнительной дренажной канюли – 15 F ($n = 6$), 17 F ($n = 10$), 19 F ($n = 4$), установленной через бедренную вену и проведенной через межпредсердную перегородку.

В 10 (50%) случаях из 20 трансфеморальное дренирование ЛП произвели непосредственно после начала ВА ЭКМО в связи с отсутствием значимого снижения ЗДЛА (29 ± 2 мм рт. ст.), несмотря на адекватную объемную скорость экстракорпорального кровотока ($> 2,2$ л/мин/ m^2) и объемную разгрузку правых отделов сердца (ДПП < 4 мм рт. ст.).

У остальных 10 (50%) пациентов выполнили отсроченное дренирование ЛП. У этих пациентов начало применения механической поддержки кровообращения сопровождалось не только улучшением системной гемодинамики, но и объемной разгрузкой левых отделов сердца (ЗДЛА < 15 мм рт. ст.). Однако на 1–4-е ($2,8 \pm 0,6$) сутки проведения периферической ВА ЭКМО при адекватной объемной скорости экстракорпорального кровотока ($> 2,2$ л/мин/ m^2), оптимальной разгрузке правых отделов сердца (ДПП < 4 мм рт. ст.), пациенты (100%), находившиеся на самостоятельном дыхании, стали жаловаться на затруднение дыхания и чувство нехватки воздуха. При аускультации начали выслу-

шиваться распространенные влажные хрипы, на рентгенограмме органов грудной клетки появилась картина отека легких. При трансторакальном ЭХО-ОКГ-исследовании выявили уменьшение ($p < 0,05$) ФИ ЛЖ ($c 18 \pm 1\%$ до $12 \pm 2\%$), увеличение ($p < 0,05$) объемных характеристик ЛЖ (КДО с 251 ± 8 мл до 289 ± 11 мл) и степени митральной регургитации ($1,2 \pm 0,3$ до $2,4 \pm 0,2$). Несмотря на все предпринимаемые консервативные лечебные мероприятия (поддержание высокой объемной скорости экстракорпорального кровотока, дегидратация, увеличение кардиотонической поддержки, применение вспомогательной неинвазивной вентиляции легких), регрессирование отека легких не происходило, что явилось обоснованием к выполнению трансфеморального дренирования ЛП.

2 (10%) из 20 пациентов погибли на 4-е и 5-е сутки проведения периферической ВА ЭКМО от полиорганной недостаточности и сепсиса. 18 (90%) были успешно доведены до трансплантации сердца. Продолжительность предтрансплантационного применения периферической ВА ЭКМО составила от 16 ч до 34 ($8,6 \pm 1,7$) суток.

У реципиентов с предтрансплантационной ВА ЭКМО ($n = 18$) через 1 ч после начала дренирования ЛП ($1,5 \pm 0,2$ л/мин) выявили уменьшение ($p < 0,05$) ДЛАСр. и ЗДЛА и снижение дозировок кардиотонических препаратов (табл. 1). Одновременно с этим при неизменившейся частоте оборотов центрифужного насоса зарегистрировали увеличение ($p < 0,05$) объемной скорости экстракорпорального кровотока (табл. 2).

На протяжении всего последующего периода наблюдения ЗДЛА и ДЛАСр. оставались существенно ниже, чем до начала дренирования ЛП (табл. 1). Волемической разгрузке левых отделов сердца сопутствовало уменьшение ($p < 0,05$) КДР ЛЖ, КСР ЛЖ, КДО ЛЖ, КСО ЛЖ, размера ЛП и степени выраженности митральной регургитации.

У 14 (77,7%) из 18 реципиентов выполнили первичную ТС, 4 (26,3%) – ретрансплантацию сердца. 2 (11,1%) из 18 реципиентов с предтрансплантационной ВА ЭКМО и трансфеморальным дренированием ЛП погибли на 29-е и 58-е сутки после ТС от гнойно-септических осложнений (эмпиема плевры и гнойный медиастинит).

У реципиентов сердца с благоприятным течением раннего посттрансплантационного периода ($n = 16$; 88,9%) продолжительность послеоперационной ИВЛ составила 1,5–11,0 ($7,2 \pm 1,5$) ч, послеоперационного лечения в условиях ОРИТ – $6,7 \pm 0,8$ суток.

ОБСУЖДЕНИЕ

Одной из значимых проблем при проведении ВА ЭКМО, особенно при периферической методике

Таблица 1

Показатели системной гемодинамики, насосной функции сердца и кардиотоническая терапия до и на фоне трансфеморального дренажа ЛП при предтрансплантационной периферической ВА ЭКМО (n = 18)

Параметр	Этапы исследования				
	До дренажа ЛП	На фоне дренажа ЛП			
		Через 1 ч	Через 24 ч	Через 3 суток	Перед ОТС
АД ср., мм рт. ст.	75 ± 5	79 ± 4	82 ± 5	84 ± 6	85 ± 6
ЧСС, 1/мин	88 ± 6	87 ± 2	86 ± 3	88 ± 5	83 ± 5
ДПП, мм рт. ст.	3 ± 1*	4 ± 1	3 ± 1	4 ± 1	4 ± 1
ДЛА ср., мм рт. ст.	40 ± 2	25 ± 2*	23 ± 2*	23 ± 2*	22 ± 3*
ЗДЛА, мм рт. ст.	31 ± 3	14 ± 3*	15 ± 1*	16 ± 2*	14 ± 2*
СИ, л/мин/м ² (кровоток по малому кругу)	1,2 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,2	1,3 ± 0,2
ФИ ПЖ, %	12 ± 1	13 ± 2	13 ± 1	14 ± 2	14 ± 2
ИКДОПЖ, мл/м ²	94 ± 7	93 ± 8	97 ± 6	104 ± 11	109 ± 12
Допамин n (%) мкг/кг/мин	16 (80,0) 8,8 ± 0,8	16 (80,0) 6,8 ± 0,6*	14 (77,8) 5,1 ± 0,5*	14 (66,7) 4,7 ± 0,7*	14 (66,7) 4,4 ± 0,3*
Добутамин n (%) мкг/кг/мин	4 (20,0) 8,2 ± 0,4	4 (20,0) 6,2 ± 0,4*	6 (33,3) 4,9 ± 0,7*	6 (33,3) 3,7 ± 0,6*	6 (22,2) 3,2 ± 0,8*

Примечание. АД ср. – среднее артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений, ДПП – давление правого предсердия, ДЛА ср. – среднее давление легочной артерии, ЗДЛА – заклинивающее давление легочной артерии, СИ – сердечный индекс, ФИ ПЖ – фракция изгнания правого желудочка, ИКДОПЖ – индексированный конечно-диастолический объем правого желудочка, * – достоверность отличия ($p < 0,05$) по сравнению с этапом до ВА ЭКМО.

Таблица 2

Параметры проведения предтрансплантационной периферической ВА ЭКМО до и на фоне трансфеморального дренирования ЛП (n = 18)

	Этапы исследования				
	До дренажа ЛП	На фоне дренажа ЛП			
		Через 1 ч	Через 24 ч	Через 3 суток	Перед ТС
Обороты центрифужного насоса, 1/мин	3785 ± 107	3785 ± 107	3810 ± 107	3810 ± 107	3810 ± 107
Q, л/мин	4,19 ± 0,07	4,87 ± 0,11*	4,82 ± 0,09*	4,85 ± 0,10*	4,86 ± 0,08*
Q, л/мин/м ²	2,33 ± 0,04	2,71 ± 0,07*	2,68 ± 0,02*	2,69 ± 0,02*	2,70 ± 0,02*
Дренаж ЛП, л/мин	–	1,73 ± 0,05	1,73 ± 0,05	1,73 ± 0,05	1,73 ± 0,05
Дренаж ЛП, л/мин/м ² (n = 4)	–	0,92 ± 0,03	0,92 ± 0,03	0,92 ± 0,03	0,92 ± 0,03
Газоток, л/мин	3,2 ± 0,4	4,4 ± 0,6	4,4 ± 0,6	4,4 ± 0,6	4,4 ± 0,6
FiO ₂ (ЭКМО)	0,76 ± 0,03	0,83 ± 0,05	0,83 ± 0,05	0,83 ± 0,05	0,83 ± 0,05
P ₁ , мм рт. ст.	–92 ± 4	–95 ± 7	–95 ± 7	–95 ± 7	–95 ± 7
P ₂ , мм рт. ст.	271 ± 12	285 ± 13	285 ± 13	285 ± 13	285 ± 13
P ₃ , мм рт. ст.	246 ± 10	256 ± 9	256 ± 9	256 ± 9	256 ± 9
Δ P ₂ –P ₃ , мм рт. ст.	25 ± 4	29 ± 4	29 ± 4	29 ± 4	29 ± 4

Примечание. ЛП – левое предсердие, Q – объемная скорость экстракорпорального кровотока, P – давление крови в экстракорпоральном контуре.

канюляции, является объемная перегрузка ЛЖ [8]. Переполнение ЛЖ, несмотря на адекватный уровень объемной скорости экстракорпоральной перфузии при ВА ЭКМО, приводит к застою крови и повышению давления в малом круге кровообращения, развитию клинической картины интерстициального или альвеолярного отека легких. Если пациенты находятся на самостоятельном дыхании, то при этом они начинают испытывать дискомфорт, беспокойство, возникает чувство нехватки воздуха,

одышка, кашель. При аускультации выслушиваются разнокалиберные влажные хрипы. На рентгенограмме органов грудной клетки определяется субтотальное или тотальное затемнение легочных полей, получившее название «белые легкие» (или white lung) [9]. При эхокардиографическом исследовании визуализируется перераздутый («blowing»), практически не сокращающийся ЛЖ, часто определяется феномен «спонтанного контрастирования» и отсутствие открытия створок аортального клапана.

Необходимо также подчеркнуть, что в отличие от центральной методики при периферической ВА ЭКМО для дренирования венозной крови используются канюли меньшего диаметра, которые не всегда способны обеспечить адекватную разгрузку правых отделов сердца, малого круга кровообращения, ЛП и предотвратить чрезмерное переполнение ЛЖ. При возврате артериализованной крови через канюлю, установленную в бедренную артерию, происходит обкрадывание коронарного кровотока, и возникающие при этом перфузионные расстройства могут приводить к оглушению миокарда ЛЖ и усилению расстройств его сократительной функции. В качестве факторов, способствующих возникновению объемной перегрузки ЛЖ при периферической ВА ЭКМО, также рассматриваются: нескорригированная гиперволемиа; высокий уровень артериального давления (постнагрузка); отсутствие открытия аортального клапана; аортальная недостаточность [10]. Развитие отека легких на фоне ВА ЭКМО может вызвать недостаточная объемная разгрузка правых отделов сердца, что при наличии относительно сохранной насосной функции правого желудочка приводит к нагнетанию крови через малый круг кровообращения к левым отделам сердца.

Как правило, объемная перегрузка ЛЖ на фоне ВА ЭКМО возникает у пациентов, где показанием для ее применения является быстро прогрессирующая и остро возникшая миокардиальная недостаточность, развившаяся на фоне ИБС (острый инфаркт миокарда), острого миокардита, различных форм кардиомиопатий и другой приобретенной или врожденной патологии сердца. В последнее время периферическая ВА ЭКМО нередко применяется у потенциальных реципиентов сердца в качестве предтрансплантационной механической поддержки кровообращения, и вполне естественно, что в условиях резко ограниченных резервов сократительной способности миокарда у данной категории больных не всегда удается достигнуть адекватной разгрузки ЛЖ на фоне экстракорпоральной поддержки жизни [11].

Для профилактики развития или коррекции объемной перегрузки ЛЖ, сопровождающейся застоем в малом круге кровообращения и развитием отека легких на фоне проведения периферической ВА ЭКМО, предложено несколько методических подходов, различающихся разной степенью травматичности и инвазивности.

Для предупреждения объемной перегрузки ЛЖ прежде всего требуется достигнуть такого уровня волемии, при котором обеспечивалась бы адекватная объемная скорость экстракорпорального кровотока, и при этом не происходило бы переполнения левых отделов сердца. С этой целью необходим чет-

кий контроль за инфузионно-трансфузионной терапией у пациентов с ВА ЭКМО, а также при необходимости проведение дегидратационной терапии с помощью диуретических препаратов или различных методов заместительной почечной терапии при наличии ОПН/ХПН.

Считаем также целесообразным продолжить использование кардиотонических препаратов на фоне ВА ЭКМО с целью поддержания остаточной насосной функции ЛЖ для предупреждения его переполнения, если отсутствуют противопоказания к их дальнейшему использованию (например, тахикардии, риск развития желудочковой тахикардии или фибрилляции желудочков).

Предложены специальные меры дренирования ЛЖ с помощью открытых (хирургических) или малоинвазивных (пункционных) методов, направленных на активную разгрузку ЛЖ.

К открытым хирургическим вариантам дренирования ЛЖ относится постановка дренажной канюли непосредственно в полость ЛЖ (через его верхушку) или в полость левого предсердия. Соответственно, для этой цели требуется выполнение стернотомии. Предложена постановка левожелудочковой дренажной канюли через небольшую переднебоковую торакотомию (трансплевральный доступ) или из доступа под мечевидным отростком (внеплевральный доступ). Выполнение открытой канюляции левых отделов сердца сопряжено с риском развития интра- и послеоперационной кровопотери, а также раневых инфекционных осложнений, связанных с длительным нахождением канюли в полости перикарда и/или плевральной полости [8].

Для разгрузки ЛЖ при периферическом ВА ЭКМО предложено несколько малоинвазивных методов его дренирования:

- 1) чрескожная баллонная атриосептостомия;
- 2) чрескожная постановка дренажной канюли в легочную артерию;
- 3) чрескожная постановка дренажной канюли через правое предсердие в левое предсердие;
- 4) дренирование ЛЖ с помощью катетера, установленного через бедренную артерию и проведенного через аортальный клапан в полость ЛЖ;
- 5) использование катетерного насоса крови типа Impella.

Чрескожная баллонная атриосептостомия направлена на искусственное создание дефекта межпредсердной перегородки, при котором будет обеспечено активное дренирование крови не только из полости правого, но и левого предсердия, что, в свою очередь, создаст гемодинамические условия для волемической разгрузки ЛЖ [12].

Однако при данной методике не всегда удается обеспечить эффективную разгрузку левых отделов сердца, что может быть связано с недостаточным

диаметром или прикрытием отверстия в межпредсердной перегородке [13].

Другим направлением малоинвазивной механической поддержки при периферической ВА ЭКМО является использование катетеров, заводимых в полость левого желудочка через аортальный клапан из бедренной артерии. Предложено два метода объемной разгрузки левого желудочка. Barbone A. и соавторы предложили использовать длинный (110 см), диаметром 7 F катетер с «поросычьим кончиком» (Pig a 7-F Pig Tail Catheter (Ventricular Pigtail Cat. 527–750 7 PIG 110 cm 12SH, Cordis Corporation, Johnson & Johnson Health Care Systems, Piscataway, NJ), проводимым через бедренную артерию непосредственно в полость левого желудочка [14]. Данный катетер устанавливался через бедренную артерию противоположной месту периферической артериальной канюляции нижней конечности. Далее этот катетер соединялся с коннектором венозной канюли, имеющим луэровский порт. На фоне активного дренажа левого желудочка авторы выявили уменьшение его конечно-диастолического размера с 251 до 136 мл.

Другим направлением активной разгрузки левого желудочка является сочетание периферической ВА ЭКМО с левожелудочковым мини-осевым роторным насосом типа Impella, также устанавливаемым из бедренного доступа (бедренная артерия) через аортальный клапан в левый желудочек и обеспечивающим активную аспирацию крови из его полости в аорту [15]. Коеckert M.S. и соавт. сообщили о собственном успешном опыте применения Impella 2.5 с целью разгрузки левого желудочка во время периферической ВА ЭКМО [16].

Из возможных вариантов объемной разгрузки левых отделов сердца при ВА ЭКМО наиболее эффективным, малотравматичным и менее финансово затратным представляется дренирование ЛП из трансфеморального доступа с помощью стандартной венозной ЭКМО-канюли. Как показывает собственный и аналогичный опыт других исследователей, при данной методике обеспечивается быстрая разгрузка ЛП и купирование клинικο-рентгенологических проявлений отека легких у пациентов с ВА ЭКМО [8].

У большинства (90%) пациентов использование дренажа ЛП позволило обеспечить последующее неосложненное течение предтрансплантационного периода. Профилактика развития или быстрое купирование отека легких на фоне применения активного дренажа ЛП создало возможность ведения пациентов на самостоятельном дыхании в течение всего этапа ожидания ТС на фоне механической поддержки кровообращения посредством периферической ВА ЭКМО. Кроме того, использование ЛП-канюли способствовало дополнительному дре-

нированию крови не только из левых, но и из правых отделов сердца через расположенные ниже по ходу канюли дренажные отверстия, открывавшиеся в полость правого предсердия, результатом чего явилось повышение объемной скорости экстракорпорального кровотока при неизменившейся частоте оборотов центрифужного насоса. Более высокая производительность насоса ЭКМО и отсутствие необходимости ограничения волемиической нагрузки на фоне активного дренирования ЛП, по нашему мнению, обеспечило более лучшую органную перфузию, что способствовало профилактике развития полиорганных нарушений или их быстрому разрешению и создало предпосылки для успешного выполнения последующей ТС. Кроме того, уменьшение застоя крови в малом круге кровообращения в нашем исследовании наряду с другими профилактическими мероприятиями (антимикробная химиотерапия, побудительная спирометрия и др.) предупредило развитие инфекционных легочных осложнений, что также обеспечило высокую результативность ТС у данной тяжелой категории реципиентов сердца (госпитальная выживаемость 88,9%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При периферической вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации у потенциальных реципиентов сердца чрескожное трансфеморальное дренирование левого предсердия является эффективным и безопасным методом профилактики возникновения и купирования отека легких, развивающегося на фоне объемной перегрузки левых отделов сердца, что обеспечивает высокую результативность проведения данного варианта предтрансплантационной механической поддержки кровообращения и последующего выполнения трансплантации сердца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barth E., Durand M., Heylbroeck C., Rossi-Blancher M., Boignard A., Vanzetto G., Albaladejo P., Chavanon O. Extracorporeal life support as a bridge to high-urgency heart transplantation. *Clin. Transplant.* 2012; 26 (3): 484–488.
2. Harmouche M., Flécher E., Abouliatim I., Fouquet O., Lelong B., Chabanne C., Verhoye J.P., Leguerrier A. Heart transplantation for patients on high emergency list with or without extracorporeal membrane oxygenation support. *Ann. Cardiol. Angeiol.* 2011; 60 (1): 15–20.
3. Camboni D., Phillip A., Schmid C. Possibilities and limitations of a miniaturized long-term extracorporeal life support system as bridge to transplantation in a case with biventricular heart failure. *Interactiv Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2009; 8: 168–170.

4. Hsu Pj-Shun, Chen Gui-Jieng, Tsai Yi-Jieng et al. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock after cardiac surgery: predictors of early mortality and outcome from 51 patients. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2010; 37: 328–333.
5. Koenig P.R., Ralston M.A., Kimball T.R., Meyer R.A., Daniels S.R., Schwartz D.C. Balloon atrial septostomy for left ventricular decompression in patients receiving extracorporeal membrane oxygenation for myocardial failure. *J. Pediatr.* 1993; 122: 95–99.
6. Ward K.E., Tuggle D.W., Gessouroun M.R., Overhold E.D., Mantor P.C. Transseptal decompression of left heart during ECMO for severe myocarditis. *Ann. Thorac. Surg.* 1995; 59: 749–751.
7. Aiya R.M., Graziano J.N. Decompression of the left atrium during extracorporeal membrane oxygenation using a transseptal cannula incorporated into the circuit. *J. Crit. Care Med.* 2006; 34: 2603–2606.
8. Kotani Y., Chetan D., Rodrigues W., Sivarajan V.B., Gruenewald C., Van Arsdell, Honjo O. Left Atrial Decompression During Venoarterial ECMO for children: Current Strategy and Clinical Outcomes. *Artificial Organs.* 2013; 37 (1): 29–36.
9. Seib P.M., Faulkner S.C., Erickson C.C., Van Devanter S.H., Harrell J.E., Fasules J.W., Frazier E.A., Morrow W.R. Blade and balloon atrial septostomy for left heart decompression in patients with severe ventricular dysfunction on extracorporeal membrane oxygenation. *Catheter Cardiovasc. Interv.* 1999; 46 (2): 179–186.
10. Soleimani B., Pae W.E. Management of left ventricular distension during peripheral extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock. *Perfusion.* 2012; 27 (4): 326–331.
11. Beurtheret S., Mordant P., Pavie A., Leprince P. Impella and extracorporeal membrane oxygenation: a demanding combination. *ASAIO J.* 2012; 58 (3): 291–293.
12. Dahdouh Z., Roule V., Lognoné T., Sabatier R., Grollier G. Percutaneous blade and balloon atrioseptostomy as a supplement to extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to heart transplantation. *Cardiovasc. Revasc. Med.* 2012; 13 (1): 69–71.
13. Johnston T.A., Jagers J., McGovern J.J., O'Laughlin M.P. Bedside transseptal balloon dilation atrial septostomy for decompression of the left heart during extracorporeal membrane oxygenation. *Catheter Cardiovasc. Interv.* 1999; 46: 197–199.
14. Barbonea A., Malvindhia P.G., Ferrarab P. and Tarellia G. Left ventricle unloading by percutaneous pigtail during extracorporeal membrane oxygenation. *Interactive Cardiovasc. and Thorac. Surgery.* 2011; 13: 293–295.
15. Vlasselaers D., Desmet M., Desmet L., Meyns B., Dens J. Ventricular unloading with a miniature axial flow pump in combination with extracorporeal membrane oxygenation. *Intensive Care Med.* 2006 Feb; 32 (2): 329–333.
16. Koeckert M.S., Jorde U.P., Naka Y., Moses J.W., Takayama H. Impella LP 2.5 for left ventricular unloading during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support. *J. Card. Surg.* 2011; 26 (6): 666–668.

REFERENCES

1. Barth E., Durand M., Heylbroeck C., Rossi-Blancher M., Boignard A., Vanzetto G., Albaladejo P., Chavanon O. Extracorporeal life support as a bridge to high-urgency heart transplantation. *Clin. Transplant.* 2012; 26 (3): 484–488.
2. Harmouche M., Flécher E., Abouliatim I., Fouquet O., Lelong B., Chabanne C., Verhoye J.P., Leguerrier A. Heart transplantation for patients on high emergency list with or without extracorporeal membrane oxygenation support. *Ann. Cardiol. Angiol.* 2011; 60 (1): 15–20.
3. Camboni D., Phillip A., Schmid C. Possibilities and limitations of a miniaturized long-term extracorporeal life support system as bridge to transplantation in a case with biventricular heart failure. *Interactiv Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2009; 8: 168–170.
4. Hsu Pj-Shun, Chen Gui-Jieng, Tsai Yi-Jieng et al. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock after cardiac surgery: predictors of early mortality and outcome from 51 patients. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2010; 37: 328–333.
5. Koenig P.R., Ralston M.A., Kimball T.R., Meyer R.A., Daniels S.R., Schwartz D.C. Balloon atrial septostomy for left ventricular decompression in patients receiving extracorporeal membrane oxygenation for myocardial failure. *J. Pediatr.* 1993; 122: 95–99.
6. Ward K.E., Tuggle D.W., Gessouroun M.R., Overhold E.D., Mantor P.C. Transseptal decompression of left heart during ECMO for severe myocarditis. *Ann. Thorac. Surg.* 1995; 59: 749–751.
7. Aiya R.M., Graziano J.N. Decompression of the left atrium during extracorporeal membrane oxygenation using a transseptal cannula incorporated into the circuit. *J. Crit. Care Med.* 2006; 34: 2603–2606.
8. Kotani Y., Chetan D., Rodrigues W., Sivarajan V.B., Gruenewald C., Van Arsdell, Honjo O. Left Atrial Decompression During Venoarterial ECMO for children: Current Strategy and Clinical Outcomes. *Artificial Organs.* 2013; 37 (1): 29–36.
9. Seib P.M., Faulkner S.C., Erickson C.C., Van Devanter S.H., Harrell J.E., Fasules J.W., Frazier E.A., Morrow W.R. Blade and balloon atrial septostomy for left heart decompression in patients with severe ventricular dysfunction on extracorporeal membrane oxygenation. *Catheter Cardiovasc. Interv.* 1999; 46 (2): 179–186.
10. Soleimani B., Pae W.E. Management of left ventricular distension during peripheral extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock. *Perfusion.* 2012; 27 (4): 326–331.
11. Beurtheret S., Mordant P., Pavie A., Leprince P. Impella and extracorporeal membrane oxygenation: a demanding combination. *ASAIO J.* 2012; 58 (3): 291–293.
12. Dahdouh Z., Roule V., Lognoné T., Sabatier R., Grollier G. Percutaneous blade and balloon atrioseptostomy as a supplement to extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to heart transplantation. *Cardiovasc. Revasc. Med.* 2012; 13 (1): 69–71.

13. Johnston T.A., Jagers J., McGovern J.J., O'Laughlin M.P. Bedside transseptal balloon dilation atrial septostomy for decompression of the left heart during extracorporeal membrane oxygenation. *Catheter Cardiovasc. Interv.* 1999; 46: 197–199.
14. Barbonea A., Malvindia P.G., Ferrarab P. and Tarellia G. Left ventricle unloading by percutaneous pigtail during extracorporeal membrane oxygenation. *Interactive Cardiovasc. and Thorac. Surgery.* 2011; 13: 293–295.
15. Vlasselaers D., Desmet M., Desmet L., Meyns B., Dens J. Ventricular unloading with a miniature axial flow pump in combination with extracorporeal membrane oxygenation. *Intensive Care Med.* 2006 Feb; 32 (2): 329–333.
16. Koeckert M.S., Jorde U.P., Naka Y., Moses J.W., Takayama H. Impella LP 2.5 for left ventricular unloading during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support. *J. Card. Surg.* 2011; 26 (6): 666–668.