

## ПЕРИФЕРИЧЕСКАЯ ВЕНО-АРТЕРИАЛЬНАЯ МЕМБРАННАЯ ОКСИГЕНАЦИЯ КАК МЕТОД МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ КРОВООБРАЩЕНИЯ ПЕРЕД ТРАНСПЛАНТАЦИЕЙ СЕРДЦА

Попцов В.Н.<sup>1</sup>, Спирина Е.А.<sup>1</sup>, Сaitгареев Р.Ш.<sup>1</sup>, Шумаков Д.В.<sup>1</sup>, Захаревич В.М.<sup>1, 2</sup>, Слободяник В.В.<sup>1</sup>, Минина М.Г.<sup>3</sup>, Пчельников В.В.<sup>1</sup>, Еремеева О.А.<sup>1</sup>, Лавренов П.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «ФНЦ трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава РФ (директор – академик РАМН, проф. С.В. Готье), Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Кафедра трансплантологии и искусственных органов (зав. – академик РАМН, проф. С.В. Готье) ГБОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (ректор – член-корр. РАМН, проф. П.В. Глыбочко), Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Московский координационный центр органного донорства Департамента здравоохранения г. Москвы (руководитель центра – к. м. н. М.Г. Минина), Российская Федерация

**Цель.** Оценка эффективности применения периферической вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации в качестве средства предтрансплантационной механической поддержки кровообращения у пациентов, нуждающихся в неотложной пересадке сердца. **Материалы и методы.** 17 реципиентам (14 мужчин и 3 женщины) в возрасте 16–66 ( $40,1 \pm 4,2$ ) лет выполнена двухэтапная трансплантация сердца с использованием периферической вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации в качестве метода предтрансплантационной механической поддержки кровообращения. Во всех случаях использовали канюляцию открытым хирургическим способом из бедренного доступа. Для забора венозной крови использовали венозную канюлю (21–25 Fr), для возврата крови – артериальную канюлю (15–19 Fr), для селективной перфузии нижней конечности использовали отдельную артериальную канюлю или однопросветный сосудистый катетер размером 8 или 10 F. **Результаты.** Продолжительность экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) перед трансплантацией сердца составила  $81 \pm 17$  ч. Обеспечивали объемную скорость экстракорпорального кровотока  $4,8 \pm 0,6$  л/мин, или  $2,63 \pm 0,04$  л/мин/м<sup>2</sup>, газоток  $4,8 \pm 0,6$  л/мин, FiO<sub>2</sub>  $0,86 \pm 0,07$ . У 13 пациентов (76,5%) применение ВА ЭКМО было продолжено в послеоперационном периоде в течение  $4,3 \pm 0,5$  суток, на  $6,7 \pm 0,8$  сутки они были переведены из ОРИТ и в последующем выписаны из стационара на  $32,3 \pm 4,6$  сутки после трансплантации сердца. 4 (23,5%) пациента умерли, в том числе 3 – на фоне послеоперационного применения ВА ЭКМО. Причинами летального исхода в 3 случаях были сепсис и полиорганная недостаточность, в одном случае внезапная остановка сердечной деятельности. **Заключение.** Периферическая вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация является перспективным методом предтрансплантационной механической поддержки кровообращения у реципиентов с жизнеугрожающей декомпенсацией сердечной деятельности.

*Ключевые слова:* трансплантация сердца, ЭКМО.

## PERIPHERAL VENO-ARTERIAL ECMO AS MECHANICAL CIRCULATORY SUPPORT BEFORE HEART TRANSPLANTATION

Poptsov V.N.<sup>1</sup>, Spirina E.A.<sup>1</sup>, Saitgareev R.S.<sup>1</sup>, Shumakov D.V.<sup>1</sup>, Zakharevitch V.M.<sup>1, 2</sup>, Slobodyannik V.V.<sup>1</sup>, Minina M.G.<sup>3</sup>, Pchelnikov V.V.<sup>1</sup>, Eremeeva O.A.<sup>1</sup>, Lavrenov P.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Academician V.I. Shumakov Federal Research Center of Transplantology and Artificial Organs (Head – academician of RAMSci, prof. S.V. Gautier), Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Rector – corresponding member of RAMSci, prof. P.V. Glybochko), Department of Transplantology and Artificial organs (Head – academician of RAMSci, prof. S.V. Gautier), Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Coordinator Centre of Organ's Donation, Department of Health (Head – cand. of sci M.G. Minina), Moscow, Russian Federation

**Aim** of our clinical study was evaluation own initial experience of high-urgency orthotopic heart transplantation (OHT) in recipients, who were bridged on peripheral Vena-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (VA ECMO). **Materials and methods.** In this study was included 17 patients (14/3 M/F, age 16–66 ( $40.1 \pm$

4.2 yrs)) who underwent OHT while on peripheral ECMO support. In all cases we used peripheral surgical cannulation technique via femoral vessels – arterial cannula 15–19 Fr, venous cannula – 21–25 Fr, arterial cannula or vascular catheter 8–10 Fr for antegrade leg's perfusion. **Results.** Duration Vena-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation before OHT was  $81 \pm 17$  h. VA ECMO support was blood flow  $4.8 \pm 0.6$  l/min or  $2.63 \pm 0/04$  l/min/m<sup>2</sup>, gas flow  $4.8 \pm 0.6$  l/min, FiO<sub>2</sub>  $0.86 \pm 0.07$ . Vena-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation support was continued in “protective mode” (blood flow  $1.9 \pm 0.2$  l/min)  $4.3 \pm 0.5$  days after OHT. Thirteen patients (76.4%) were weaned from VA ECMO successfully and survived to be discharged. ICU and hospital LOS after orthotopic heart transplantation was respectively  $6.7 \pm 0.8$  and  $32.3 \pm 4.6$  days in group of survived patients. The reasons of a lethal outcome (n = 4, 23.5%) were sepsis and multiorgan failure (n = 3), sudden cardiac arrest (n = 1). **Conclusion.** Vena-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation is a favorable short-term method of circulatory support in patients who needed in high-urgency heart transplantation.

*Key words:* heart transplantation, ECMO.

## ВВЕДЕНИЕ

Применение временной механической поддержки кровообращения у потенциальных реципиентов сердца с острой и быстро прогрессирующей сердечной недостаточностью, рефрактерной к медикаментозной терапии, остается единственным способом восстановления системной гемодинамики, что обеспечивает сохранение жизнеспособности организма и оставляет перспективы для последующего выполнения трансплантации сердца (ТС) [1, 2]. За время развития программы ТС были предложены различные системы и схемы проведения временной механической поддержки кровообращения перед ТС [3]. В последние годы возрос интерес к использованию вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации (ВА ЭКМО), как метода экстракорпоральной поддержки жизни (extracorporeal life support, ECLS) и одного из вариантов временного вспомогательного кровообра-

щения (ВК) у потенциальных реципиентов сердца [4]. Отдельные трансплантационные центры демонстрируют высокий процент дотрансплантационного использования ВА ЭКМО и последующего успешного выполнения пересадки сердца у наиболее тяжелой категории реципиентов сердца, нуждавшихся в ургентной ТС [5]. 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 ВК у потенциальных реципиентов сердца и других категорий кардиохирургических больных [6, 7].

**Целью исследования** явилась оценка эффективности применения периферической ВА ЭКМО в качестве средства предтрансплантационной механической поддержки кровообращения у пациентов, нуждающихся в неотложной пересадке сердца.

---

*Попцов Виталий Николаевич* – д. м. н., проф., заместитель директора по реализации высокотехнологичных программ, зав. отделом анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «ФНЦ трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава РФ (директор – академик РАМН, проф. С.В. Готье), Москва, Российская Федерация. *Спирина Екатерина Александровна* – врач анестезиолог-реаниматолог того же центра. *Саитгареев Ринат Шакирьянович* – д. м. н., проф., зав. отделом кардиохирургии, трансплантации сердца и легких того же центра. *Шумаков Дмитрий Валерьевич* – д. м. н., проф., член-корр. РАМН, зав. отделением сердечной хирургии и вспомогательного кровообращения, сложных нарушений ритма сердца и электростимуляции того же центра. *Захаревич Вячеслав Мефодиевич* – д. м. н., врач-кардиохирург того же центра. *Слободяник Владимир Владимирович* – врач-кардиохирург того же центра. *Минина Марина Геннадьевна* – к. м. н., руководитель Московского координационного центра органного донорства Департамента здравоохранения г. Москвы, Российская Федерация. *Пчельников Виталий Валерьевич* – врач анестезиолог-реаниматолог того же центра. *Еремеева Ольга Александровна* – врач анестезиолог-реаниматолог того же центра. *Лавренов Павел Геннадьевич* – врач анестезиолог-реаниматолог того же центра.

**Для корреспонденции:** Попцов Виталий Николаевич. Адрес: 123182, Российская Федерация, Москва, ул. Щукинская, д. 1. Телефон: +7 (963) 644 96 39. E-mail: poptsov\_vit@mail.ru

*Poptsov Vitaliy Nicolaevitch* – doct. of med. sci., prof., Head of Anesthesia and Intensive Care Department, Academician V.I. Shumakov Federal Research Center of Transplantology and Artificial Organs (Head – academician of RAMSci, prof. S.V. Gautier), Moscow, Russian Federation. *Spirina Ekaterina Aleksandrovna* – physician anesthesiologist, at the same center. *Saitgareev Rinat Shakirianovich* – doct. of med. sci., prof., Head of Cardiac Surgery and Heart – Lung Transplantation Department, at the same center. *Shumakov Dmitriy Valerievich* – doct. of med. sci., prof., corresponding member of RAMSci, Head of Cardiac Surgery, circulatory support complex arrhythmias and pacing Department, at the same center. *Zakharevich Vyatheslav Mefodieovich* – doct. of med. sci., physician heart surgeon, at the same center. *Slobodyannik Vladimir Vladimirovich* – physician heart surgeon, at the same center. *Minina Marina Gennadievna* – cand. of med. sci., Head of Coordinator Centre of Organ's Donation, Department of Health, Moscow. *Pchelnikov Vitaliy Valerievich* – physician anesthesiologist, at the same center. *Eremeeva Olga Aleksandrovna* – physician anesthesiologist, at the same center. *Lavrenov Pavel Genadievich* – physician anesthesiologist, at the same center.

**For correspondence:** Poptsov Vitaliy Nicolaevitch. Address: Russia, 123182, Moscow, Schukinskaya st., 1. Phone: +7 (963) 644 96 39. E-mail: poptsov\_vit@mail.ru

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Программа применения периферической ВА ЭКМО в качестве моста к ТС начата в январе 2011 г. За анализируемый период выполнено 125 ТС (39 – 2011 г., 63 – 2012 г., 23 – январь – март 2013 г.), в том числе у 17 (13,6%) реципиентов (14 мужчин и 3 женщины) в возрасте от 16 до 66 ( $40,1 \pm 4,2$ ) лет – двухэтапная ТС, при которой периферическая ВА ЭКМО использована в качестве метода предтрансплантационной механической поддержки кровообращения.

Основной патологией у 12 из 17 (70,5%) реципиентов явилась дилатационная кардиомиопатия, у 2 (11,8%) – ИБС, у 2 (11,8%) – необратимая дисфункция сердечного трансплантата (табл. 1). На основании данных исследования центральной гемодинамики, предшествовавшего включению пациентов в лист ожидания, ЛГ IA ст. (классификация НИИТиЮ) диагностировали у 10 (58,9%) реципиентов, IB ст. – у 7 (41,1%). При этом значение транспульмонального градиента составило  $12,6 \pm 1,9$  мм рт. ст., легочного сосудистого сопротивления –  $4,5 \pm 1,3$  ед. Вуда.

Показаниями к началу применения периферической ВА ЭКМО у потенциальных реципиентов сердца считали прогрессирующую жизнеугрожающую декомпенсацию сердечной недостаточности, клинико-лабораторными проявлениями которой являлись: 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/м<sup>2</sup>, сердечный индекс (СИ) < 1,8 л/мин/м<sup>2</sup>, 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, об. 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 постановки системы периферической ВА ЭКМО как метода вспомогательного кровообращения учитывалась возможность дальнейшего усугубления клинического состояния пациента и развития остановки кровообращения.

Для проведения периферической ВА ЭКМО использовали экстракорпоральный контур с гепариновым покрытием (Bioline Coating), состоящий из венозной дренажной канюли, венозной магистралы, насоса крови, мембранного оксигенатора, артериальной магистралы 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 м<sup>2</sup>, площадь поверхности теплообмена 0,4 м<sup>2</sup>, первичный объем заполнения 215 мл, производитель Maquet) или HLS (площадь поверхности газообмена 1,8 м<sup>2</sup>, площадь поверхности теплообмена 0,4 м<sup>2</sup>, 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 до-

Таблица 1

### Дооперационная клиническая характеристика реципиентов сердца с предтрансплантационной ВА ЭКМО

Показатель	
Кол-во	17
Пол:	
муж	14 (82,4%)
жен	3 (17,6%)
Возраст, лет	16–66 ( $40,1 \pm 4,2$ )
Основное заболевание:	
ДКМП	10 (70,5%)
ИБС	2 (11,8%)
поздняя дисфункция трансплантата	3 (17,6%)
Предтрансплантационная ЛГ	
IA	10 (70,5%)
IB	7 (29,5%)
ТПГ, мм рт. ст.	$12,6 \pm 1,9$
ОЛСС, ед. Вуда	$4,5 \pm 1,3$
Сахарный диабет	2 (11,6%)
ХОБЛ	1 (5,8%)
АГ	4 (23,5%)
Мультифокальный атеросклероз	1 (5,8%)

*Примечание.* ЛГ – легочная гипертензия; ТПГ – транспульмональный градиент; ОЛСС – общее легочное сосудистое сопротивление; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; АГ – артериальная гипертензия.

зирования подачи газовой воздушно-кислородной смеси (л/мин) и содержания в ней O<sub>2</sub> 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 канюлюцию 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 однопросветную венозную периферическую канюлю (производитель Medtronic или Maquet) размером 21, 23 или 25 F, под транспищеводным эхокардиографическим контролем устанавливаемую через бедренную вену в нижнюю полую вену на уровне 3–5 см ниже ее впадения в правое предсердие. Такое расположение венозной ЭКМО-канюли без проникновения в полость правого предсердия было обусловлено необходимостью избежать интерференции с венозной канюлей контура ИК, также устанавливаемой в нижнюю полую вену, и предупредить возможность засасывания воздуха в контур ЭКМО при вскрытии просвета правого предсердия во время выполнения ТС. 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 первых 6 наблюдениях сосудистые канюли выводили через операционную рану, в последующем использовали методику туннелирования и выведение канюль через отдельные контраппертурные отверстия (рис. 1). Для периферической канюляции использовали бедренные сосуды с одной стороны.

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 с, при объемной скорости < 4,0 л/мин – более 160 с.

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), ЗДЛА < 18 мм рт. ст. Для предупреждения объемной перегрузки ЛЖ использовали следующие методические подходы: поддержание адекватной объемной скорости экстракорпорального кровотока, обеспечивающей волевическую разгрузку правого предсердия (ДПП < 5 мм рт. ст.); проведение активной дегидратационной терапии с целью устранения гипervолемии (диуретическая терапия; ультрафильтрация на фоне проведения заместительной почечной терапии); сохранение кардиотонической терапии; механическая разгрузка левых отделов сердца (транссептальное дренирование левого предсердия, дренирование полости ЛЖ из стернотомного доступа) (рис. 2, 3).



Рис. 1. Канюляция бедренных сосудов при проведении периферической вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации



Рис. 2. Чрескожная трансфеморальная канюляция левого предсердия (транспищеводное ЭХОКГ-исследование)

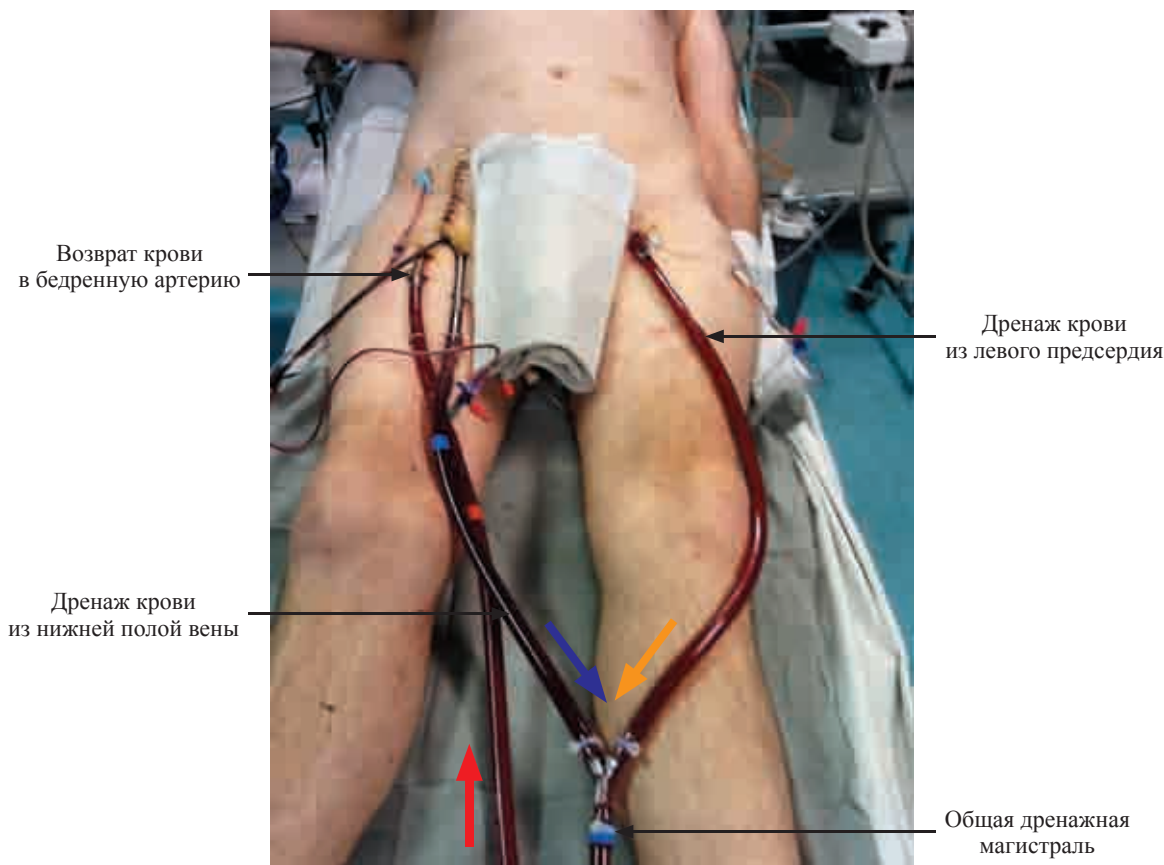


Рис. 3. Периферическая вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация, дополненная дренированием левого предсердия (внешний вид)

Во всех наблюдениях применение ВА ЭКМО было продолжено на всех этапах хирургического вмешательства при ТС. Во время проведения ИК объемную скорость кровотока по контуру ЭКМО поддерживали на уровне 0,7–1,2 л/мин, таким образом, чтобы суммарная скорость экстракорпорального кровотока (ИК+ВА ЭКМО) составляла 2,5–2,6 л/мин. ИК проводили по традиционной методике в условиях умеренной гипотермии.

Гемодинамическими показаниями к продолжению ВА ЭКМО после ТС в «протективном» или «охранительном» режиме (объемная скорость кровотока 1,5–2,0 л/мин) считали: АД ср. > 60 мм рт. ст., ДПП < 12 мм рт. ст., ЗДЛА < 15 мм рт. ст., СИ > 2,5 л/мин/м<sup>2</sup>, допамин и/или добутамин < 10 мкг/кг/мин, адреналин < 50 нг/кг/мин, ФИ ПЖ > 15%, ФИ ЛЖ > 50%, отсутствие значимых эхокардиографических проявлений нарушения сократительной способности правого и/или левого желудочков сердца по данным транспециальной или трансторакальной ЭХОКГ (по результатам теста со снижением производительности насоса крови до уровня ≈ 1 л/мин).

Гемодинамическими показаниями к продолжению применения ВА ЭКМО в «лечебном» режиме (кровоток > 2,0 л/мин) после ТС считали значимые

гемодинамические и эхокардиографические проявления дисфункции сердечного трансплантата: АД ср. < 60 мм рт. ст., ДПП > 12 мм рт. ст., ЗДЛА > 15 мм рт. ст., СИ < 2,5 л/мин/м<sup>2</sup>, допамин и/или добутамин > 10 мкг/кг/мин, адреналин > 50 нг/кг/мин, ФИПЖ < 15%, ФИ ЛЖ < 50%, наличие значимых эхокардиографических проявлений нарушения сократительной способности правого и/или левого желудочков сердца по данным транспециальной или трансторакальной ЭХОКГ (по результатам теста со снижением производительности насоса крови до уровня ≈ 1 л/мин).

Гемодинамическими показаниями к прекращению применения ВА ЭКМО после ТС считали стойкое восстановление насосной функции сердечного трансплантата, на что указывали: АД ср. > 70 мм рт. ст., ДПП < 12 мм рт. ст., ЗДЛА < 15 мм рт. ст., СИ > 2,5 л/мин/м<sup>2</sup>, допамин и/или добутамин < 7,5 мкг/кг/мин, адреналин < 25 нг/кг/мин, отсутствие нарушений глобальной сократимости ЛЖ (ФИ ЛЖ > 60%) и ПЖ на фоне снижения объемной скорости экстракорпорального кровотока до 0,8–1,0 л/мин в течение 10–15 мин. Кроме того, при принятии решения о прекращении ВА ЭКМО в раннем посттрансплантационном периоде учитывали отсутствие грубых нарушений газообменной функ-

ции легких и в потребности в экстракорпоральном газообмене.

На протяжении всего перитрансплантационного периода с целью объективизации лечения в условиях 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/м<sup>2</sup>), транспульмональный градиент (ТПГ, мм рт. ст.), легочное сосудистое сопротивление (ЛСС, ед. Вуда), индексированное общее легочное сосудистое сопротивление (ИОЛСС, дин с см<sup>-5</sup> м<sup>2</sup>), индексированное общее периферическое сосудистое сопротивление (ИОПСС, дин с см<sup>-5</sup> м<sup>2</sup>), индексированный конечно-диастолический объем правого желудочка (ИКДОПЖ, мл/м<sup>2</sup>), фракция изгнания правого желудочка (ФИ ПЖ, %), конечно-диастолический размер ЛЖ (КДР ЛЖ, см), конечно-систолический размер ЛЖ (КСР ЛЖ, см), 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<sub>1</sub>, мм рт. ст.), между насосом крови и оксигенатором (P<sub>2</sub>, мм рт. ст.), между оксигенатором и артериальной канюлей (P<sub>3</sub>, мм рт. ст.), градиент давления на мембранном оксигенаторе (ΔP<sub>3</sub>-P<sub>2</sub>, мм рт. ст.), объемную скорость экстракорпорального кровотока (л/мин), индексированную объемную скорость экстракорпорального кровотока (л/мин/м<sup>2</sup>), скорость обращения (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<sub>2</sub>, величины которых

Таблица 2

**Показатели общего анализа крови, биохимического анализа крови и коагулограммы до и на фоне проведения ВА ЭКМО (n = 17)**

Параметр	До ВА ЭКМО	На фоне ВА ЭКМО		
		1-е сутки	Перед ОТС	
Нв, г/л	15,4 ± 3,3	12,5 ± 1,7	10,5 ± 1,9	
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	3,87 ± 0,42	3,41 ± 0,61	3,12 ± 1,2	
Общ. белок, г/л	55,1 ± 2,1	65,4 ± 1,4*	75,3 ± 2,1*	
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> /л	222 ± 8	189 ± 4*	123 ± 6*	
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	12,1 ± 3,2	11,7 ± 1,7	8,3 ± 1,5	
Лейкоциты	палочкоядерные, %	10 ± 1,2	9 ± 1,1	6 ± 2,1
	сегментоядерные, %	73 ± 2,5	69 ± 2,1	63 ± 3,3
	лимфоциты, %	8 ± 1,4	11 ± 1,7	16 ± 1,7
	моноциты, %	7 ± 1,5	9 ± 1,5	14 ± 2,2
	эозинофилы, %	1 ± 0,5	1 ± 0,6	1 ± 0,5
	базофилы, %	1 ± 0,5	1 ± 0,6	1 ± 0,5
Общ. билирубин, мкмоль/л	61 ± 5	56 ± 3	41 ± 4*	
АЛТ, ед./л	35 ± 4	31 ± 5	26 ± 2*	
АСТ, ед./л	65 ± 7	59 ± 3	38 ± 4*	
Мочевина, ммоль/л	22 ± 2	16 ± 1*	13 ± 4*	
Креатинин, мкмоль/л	175 ± 23	162 ± 9	114 ± 4*	
ПИ, %	54 ± 5	66 ± 3*	73 ± 5*	
МНО	1,9 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,4 ± 0,2*	
АЧТВ, с	31 ± 4	53 ± 2*	56 ± 3*	
АВСК, с	105 ± 2	153 ± 5*	149 ± 3*	
Фибриноген, мг/л	3493 ± 89	3368 ± 74	3231 ± 75	

Примечание. \* – достоверность отличия (p < 0,05) по сравнению с этапом «до ВА ЭКМО»; ПИ – протромбиновый индекс; МНО – международное нормализованное отношение; АЧТВ – активированное частичное тромбопластиновое время; АВСК – активированное время свертывания крови.

Таблица 3

**Параметры проведения ВА ЭКМО у реципиентов сердца с предтрансплантационной механической поддержкой кровообращения (n = 17)**

устанавливались в соответствии с необходимостью поддержания оптимального уровня оксигенации артериальной крови (PaO<sub>2</sub>) в верхней и нижней частях тела и уровня PaCO<sub>2</sub>.

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 ± 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 15 из 17 пациентов постанова периферической ВА ЭКМО выполнена в условиях операционной, у 2 – в ОРИТ после успешно проведенной сердечно-легочной реанимации. Все пациенты после постановки ВА ЭКМО были переведены на самостоятельное дыхание. Экстубацию трахеи произвели у 14 (82,4%) из 17 пациентов на операционном столе через 32 ± 7 мин после окончания постановки ВА ЭКМО, у 3 (17,6%) – в ОРИТ через 4,9 ± 0,3 ч.

В 1-е сутки параметры ВА ЭКМО составили: объемная скорость экстракорпорального кровотока 4,91 ± 0,11 л/мин, или 2,63 ± 0,04 л/мин/м<sup>2</sup>, газоток 3,2 ± 0,4 л/мин, FiO<sub>2</sub> 0,73 ± 0,06 (табл. 3). В дальнейшем показатели проведения ВА ЭКМО существенно не изменились. После начала экстракорпорального кровообращения отметили увеличение (p < 0,05) АД ср., уменьшение (p < 0,05) ДПП, ДЛА ср., ЗДЛА, объемных характеристик правого и левого желудочков, снижение (p < 0,05) дозировок кардиотонических препаратов (табл. 4). Улучшению системной гемодинамики сопутствовали позитивные изменения КОС и тканевого метаболизма, в частности коррекция метаболического ацидоза и гиперлактатемии (табл. 5).

В процессе предтрансплантационного применения периферической ВА ЭКМО у 5 (29,4%) из 17 реципиентов применили заместительную почечную терапию (ЗПТ) методом непрерывной веновенозной гемфильтрации, использование которой было направлено на устранение выраженной гиперволемии и гипергидратации, резистентной к высоким дозировкам диуретических препаратов, а также на коррекцию клинико-лабораторных проявлений острой/хронической почечной дисфункции (креатинин 195 ± 6 мкмоль/л, мочевины 26 ± 2 ммоль/л),

Параметр	Периферическая ВА ЭКМО	
	1-е сутки	Перед ТС
Обороты centrifужного насоса, 1/мин	3810 ± 107	3611 ± 159
Q, л/мин	4,91 ± 0,11	4,74 ± 0,06
Q, л/мин <sup>2</sup>	2,63 ± 0,04	2,54 ± 0,02
Дренаж ЛП, л/мин (n = 4)	1,77 ± 0,09	1,73 ± 0,05
Дренаж ЛП, л/мин/м <sup>2</sup> (n = 4)	0,94 ± 0,05	0,92 ± 0,03
Газоток, л/мин	3,2 ± 0,4	4,4 ± 0,6
FiO <sub>2</sub> (ЭКМО)	0,76 ± 0,03	0,83 ± 0,05
P <sub>1</sub> , мм рт. ст.	-92 ± 4	-95 ± 7
P <sub>2</sub> , мм рт. ст.	271 ± 12	285 ± 13
P <sub>3</sub> , мм рт. ст.	246 ± 10	256 ± 9
ΔP <sub>2</sub> -P <sub>3</sub> , мм рт. ст.	25 ± 4	29 ± 4

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

Таблица 4

**Показатели системной гемодинамики, насосной функции сердца и кардиотоническая терапия до и на фоне предтрансплантационного применения периферической ВА ЭКМО (n = 17)**

Параметр	До ВА ЭКМО	На фоне ВА ЭКМО	
		1-е сутки	Перед ОТС
АД ср., мм рт. ст.	54 ± 3	83 ± 5*	79 ± 4*
ЧСС, 1/мин	128 ± 3	103 ± 3	87 ± 2
ДПП, мм рт. ст.	18 ± 3	6 ± 1*	5 ± 2*
ДЛА ср., мм рт. ст.	39 ± 4	23 ± 4*	20 ± 2*
ЗДЛА, мм рт. ст.	29 ± 6	16 ± 4*	14 ± 3*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup> (кровоток по малому кругу)	1,3 ± 0,1	1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,2
ФИ ПЖ, %	11 ± 2	13 ± 1	14 ± 2
ИКДОПЖ, мл/м <sup>2</sup>	279 ± 19	107 ± 10*	86 ± 7*
Допамин, n (%) мкг/кг/мин	15 (88,2) 7,8 ± 0,5	13 (76,5) 4,2 ± 0,5*	12 (70,6) 3,5 ± 0,4*
Добутамин, n (%) мкг/кг/мин	6 (35,3) 6,9 ± 1,8	7 (41,1) 3,8 ± 0,7*	4 (23,5) 3,3 ± 0,4*
Адреналин, n (%) нг/кг/мин	3 (17,6) 54 ± 11	0 0	0 0

*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 5  
Показатели газового и электролитного состава крови, КОС и метаболизма до и на фоне проведения ВА ЭКМО (n = 17)

Параметр	До ВА ЭКМО	На фоне ВА ЭКМО	
		1-е сутки	Перед ОТС
PaCO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	43,5 ± 0,9	35,7 ± 2,3*	33,4 ± 1,6*
PaO <sub>2</sub> (бедренная артерия), мм рт. ст.	124 ± 5	297 ± 14*	253 ± 12*
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (до начала ВА ЭКМО)	248	–	–
SaO <sub>2</sub> (бедренная артерия), %	98,6 ± 0,4	99,7 ± 0,1	99,8 ± 0,1
PaO <sub>2</sub> (лучевая артерия), мм рт. ст.	118 ± 5	104 ± 4*	123 ± 9
SaO <sub>2</sub> (лучевая артерия), %	98,8 ± 0,3	97,7 ± 1,3	96,4 ± 0,7*
PaO <sub>2</sub> (оксигенатор), мм рт. ст.	–	288 ± 9	248 ± 4#
SaO <sub>2</sub> (оксигенатор), %	–	99,7 ± 0,1	99,6 ± 0,2
PvO <sub>2</sub> (правое предсердие), мм рт. ст.	33,1 ± 2,2	39,2 ± 1,2*	40,3 ± 0,9*
SvO <sub>2</sub> (правое предсердие), %	70,1 ± 3,1	78,7 ± 1,1*	79,4 ± 0,8*
pH <sub>a</sub>	7,21 ± 0,41	7,49 ± 0,01*	7,45 ± 0,01*
BE <sub>a</sub> , мм рт. ст.	–8,3 ± 3,3	0,5 ± 0,3*	0,4 ± 0,2*
Лактат крови, ммоль/л	8,3 ± 2,1	1,3 ± 0,4*	0,7 ± 0,3*
K <sup>+</sup> , ммоль/л	5,1 ± 0,7	3,7 ± 0,4*	3,9 ± 0,3*
Na <sup>+</sup> , ммоль/л	132 ± 2,1	135 ± 2,1	138 ± 2,3*

Примечание. \* – достоверность отличия (p < 0,05) по сравнению с этапом «до ВА ЭКМО»; # – достоверность отличия (p < 0,05) по сравнению с этапом «1-е сутки на фоне ВА ЭКМО».

нарушений электролитного состава крови (K<sup>+</sup> >5,0 ммоль/л, Na<sup>+</sup> <130 ммоль/л), на профилактику развития синдрома полиорганной недостаточности. За время предтрансплантационной ЗПТ к моменту выполнения ТС отрицательный гемогидробаланс у этой категории реципиентов составил 19,1 ± 1,5 л.

С целью поддержания насосной функции и объемной разгрузки левого желудочка у всех пациентов после начала периферической ВА ЭКМО была продолжена кардиотоническая терапия, напряженность которой в целом уменьшилась по сравнению с периодом, предшествовавшим началу применения вспомогательного кровообращения. У 11 (64,7%) из 17 пациентов на фоне применения ВА ЭКМО и других лечебных мероприятий (кардиотоническая терапия, диуретическая терапия и/или ЗПТ) была достигнута адекватная объемная разгрузка левых отделов сердца и отсутствовали клинико-инструментальные проявления застоя крови в малом круге кровообращения. У этих пациентов уровень ЗДЛА составил 16 ± 3 мм рт. ст.

У 6 (35,3%) из 17 пациентов, несмотря на адек-

ватную разгрузку правых отделов сердца (ДПП < 4 мм рт. ст.) на фоне высокой объемной скорости экстракорпорального кровотока (>2,7 л/мин/м<sup>2</sup>) и проводимой дегидратационной терапии, сохранялся повышенный уровень ЗДЛА (29 ± 2 мм) и имелись клинико-рентгенологические признаки застоя крови в малом круге кровообращения с развитием интерстициального отека легких. У этих пациентов с целью объемной разгрузки левых отделов сердца произвели дренирование левого предсердия (ЛП) с помощью дополнительной дренажной канюли (17–19 F), установленной через бедренную вену и проведенной через межпредсердную перегородку (рис. 2, 3). Объем дополнительно дренированной в экстракорпоральный контур крови составил 1,8 ± 0,2 л/мин. На фоне активной механической разгрузки ЛП отметили снижение (p < 0,05) ЗДЛА до 14 ± 1 мм рт. ст. и полный регресс клинико-инструментальных проявлений застоя крови в малом круге кровообращения и отека крови.

Продолжительность предтрансплантационного применения ВА ЭКМО составила от 16 ч до 7 (4,2 ± 0,6) суток. За все время проведения ВА ЭКМО не наблюдали значимых нарушений в работе системы ВА ЭКМО, на что указывала оптимальная скорость производительности центрифужного насоса, газообменной функции мембранного оксигенатора, показателей давления в разных отделах экстракорпорального контура (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>), градиента давлений на мембранном оксигенаторе (ΔP<sub>2</sub>–P<sub>3</sub>) (табл. 3). Ни одному из пациентов не потребовалось замены оксигенатора. Отсутствовало развитие клинически значимого (> 50 мг%) внутрисосудистого гемолиза.

Стойкое разрешение органной дисфункции, удовлетворительное клиническое состояние пациентов, стабильность работы системы периферической ВА ЭКМО, отсутствие клинически значимых осложнений на момент появления подходящего сердечного донора явились основанием к выполнению ТС. Всем обследованным реципиентам выполнили ортотопическую ТС, включая 3 (17,6%) ретрансплантации сердца. Использовали методику дистанционного забора сердечного трансплантата. Возраст сердечного донора (15 мужчин и 2 женщины) составил от 22 до 53 (40,1 ± 2,6) лет. Наибольшая за время кондиционирования дозировка допамина (n = 8, 47%) составила от 2 до 36 (13,7 ± 4,3) мкг/кг/мин, норадреналина (n = 5; 29,4%) – от 120 до 2000 (824 ± 320) нг/кг/мин, наименьшая для допамина (n = 4; 23,6%) и норадреналина (n = 7; 41,2%) соответственно 1,8 ± 0,8 мкг/кг/мин и 761 ± 324 нг/кг/мин. Основные ЭХОКГ-параметры, полученные при обследовании донора: аорта – 2,9 ± 0,1 см, ПЖ – 2,7 ± 0,1 см, межжелудочковая перегородка (МЖП) – 0,7–1,8 (1,14 ± 0,06) см, КДР ЛЖ – 4,8 ± 0,1 см, КДО ЛЖ – 109 ± 5 мл, УО – 73 ± 5 мл,



ФИ ЛЖ – от 46 до 80 ( $66,5 \pm 2,0$ )%. При биохимическом исследовании выявили: КФК-МВ – от 44 до 248 ( $149 \pm 26$ ), натрийуретический пептид – от 48 до 1870 ( $363 \pm 141$ ) нг/мл, тропонин – от 0,01 до 0,4 ( $0,08 \pm 0,04$ ) нг/мл.

Продолжительность анестезии составила  $9,8 \pm 0,5$  ч, оперативного вмешательства –  $6,2 \pm 0,3$  ч, ИК –  $140 \pm 10$  мин, ишемии трансплантата –  $154 \pm 6$  мин. Наибольшая за время наблюдения в посттрансплантационном периоде кардиотоническая терапия: допамин  $7,1 \pm 0,6$  мкг/кг/мин ( $n = 15$ ; 88,2%), добутамин  $5,2 \pm 0,5$  мкг/кг/мин ( $n = 10$ ; 58,8%), адреналин  $78 \pm 10$  нг/кг/мин ( $n = 17$ ; 100%). В 3 (17,6%) из 17 наблюдений была выполнена рестернотомия в связи с ранним послеоперационным кровотечением ( $>300$  мл/ч). Продолжительность послеоперационной ИВЛ составила от 1,5 до 11 ( $7,2 \pm 1,5$ ) ч, 5 (29,4%) пациентов были активизированы в пределах 3 ч после окончания оперативного вмешательства.

У 4 (23,5%) ВА ЭКМО была прекращена непосредственно после окончания оперативного вмешательства. У 13 (76,5%) применение ВА ЭКМО было продолжено в послеоперационном периоде. Продолжительность послеоперационной ВА ЭКМО составила от 9 ч до 5 ( $2,3 \pm 0,4$ ) суток. При этом у 6 из 13 реципиентов ВА ЭКМО применялась в качестве средства механической поддержки кровообращения при наличии гемодинамически значимых проявлений дисфункции сердечного трансплантата, у 7 из 13 реципиентов – в поддерживающем (протективном) режиме, продолжительностью не более 2 суток.

За периоперационный период, включавший постановку периферической ВА ЭКМО, выполнение ТС и удаление системы ЭКМО, объем трансфузионной терапии составил: эритромаасса –  $1218 \pm 263$  мл, свежезамороженная плазма –  $3854 \pm 512$  мл, тромбодиагностика –  $513 \pm 73$  мл.

У 14 (82,4%) из 17 реципиентов использование ВА ЭКМО было успешно прекращено в раннем периоде после ТС. 13 (76,4%) из 17 реципиентов были переведены из ОРИТ на  $6,7 \pm 0,8$  сутки и в последующем выписаны из стационара на  $32,3 \pm 4,6$  сутки после ТС. Четыре (23,5%) пациента умерли, в том числе 3 – на фоне послеоперационного применения ВА ЭКМО. Причинами летального исхода являлись: сепсис и полиорганная недостаточность ( $n = 3$ ), внезапная остановка сердечной деятельности ( $n = 1$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Недостаток донорских сердец при возрастающей потребности в ТС, а также стремление уменьшить смертность потенциальных реципиентов от

декомпенсации при хронической сердечной недостаточности вынуждают все чаще прибегать к использованию различных методов вспомогательного кровообращения. В последние два десятилетия активно внедряется в клиническую практику применение имплантируемых систем длительного левожелудочкового (осевые и центрифужные насосы) и бивентрикулярного обхода (искусственное сердце), что позволяет в определенной мере решать проблему дотрансплантационной поддержки кровообращения у пациентов с выраженными проявлениями застойной сердечной недостаточности, резистентной к медикаментозной терапии, при невозможности своевременного выполнения у них ТС из-за дефицита донорских органов [8]. При этом представляется сложным выбор оптимального метода ВК у пациентов с острой декомпенсацией сердечной деятельности и развивающейся полиорганной дисфункцией, у которых выполнение операции по имплантации систем длительной поддержки кровообращения сопряжено с высоким риском периоперационной летальности. Как показывает клинический опыт, в подобных ситуациях оправданным представляется использование временных систем вспомогательного кровообращения, установка которых не требует сложных и травматичных оперативных вмешательств.

Центральная или периферическая ВА ЭКМО как метод экстракорпоральной поддержки жизни все чаще используется для коррекции выраженных расстройств системной гемодинамики, развившихся после кардиохирургических вмешательств, при остром миокардите, а также на этапе ожидания ТС и выраженной, гемодинамически значимой ранней или отсроченной дисфункции сердечного трансплантата [4]. Кроме того, в последнее время появляются отдельные сообщения о применении ВА ЭКМО с целью гемодинамической поддержки при кондиционировании мультиорганных доноров, включая и наблюдения, где производился забор донорского сердца [9]. Основными направлениями применения ВА ЭКМО при реализации программы ТС являются: предтрансплантационная механическая поддержка кровообращения у потенциальных реципиентов с остро возникшими или быстро прогрессирующими расстройствами системной гемодинамики, резистентными к медикаментозной терапии; превентивное (заблаговременное) применение у реципиентов сердца с ожидаемым развитием тяжелой первичной дисфункции сердечного отторжения; коррекции ранней или отсроченной дисфункции сердечного трансплантата.

Одним из активно разрабатываемых направлений клинического применения ВА ЭКМО при реализации программы ТС является ее использование у потенциальных реципиентов в качестве механической

кой поддержки кровообращения перед трансплантацией. ВА ЭКМО позволяет обеспечить быстрое восстановление системной гемодинамики, поддержание адекватной перфузии основных органных систем, способствует профилактике развития или быстрому регрессу полиорганных расстройств, что делает реальным выполнение ТС у этой наиболее тяжелой категории потенциальных реципиентов сердца [10]. Отдельные клинические наблюдения демонстрируют успешность выполнения ТС у больных, у которых ВА ЭКМО была использована как средство сердечно-легочной реанимации и последующего механического моста к ТС [10–12].

Анализ предтрансплантационного применения ВК показывает увеличение использования не только имплантируемых систем (ОЛЖ, ИС), но и систем временной поддержки кровообращения, в том числе ВА ЭКМО) (рис. 4). По данным 27-го ежегодного регистра международного общества трансплантации сердца и легких (International Society for Heart and Lung Transplantation, ISHLT), использование ВА ЭКМО как метода механической поддержки перед ТС на 2009 г. составляло менее 1% (от 0,3 до 0,7%) [13]. Кумулятивные данные, представленные в 29-м регистре ISHLT (2012 г.), демонстрируют более чем 3-кратное увеличение применения ВА ЭКМО перед ТС за последние 5,5 года (2006–06.2011 гг.) по сравнению с более ранним периодом (1992–2000 гг.).

В настоящее время отдельные трансплантационные центры обладают значительным опытом использования ВА ЭКМО у потенциальных реципиентов, который может быть полезен для изучения клиниками, начинающими применять в своей практике ВА ЭКМО, как один из методов экстракорпоральной поддержки жизни. Заслуживает внимания опыт выполнения ТС в госпитале Pitie-Salpetriere

(Париж, Франция), который, начиная с 2005 г., развивает программу ТС реципиентам, находящимся в ургентном листе ожидания (high-emergency waiting list) и нуждающихся в неотложной пересадке сердца [14]. За период с начала 2005 г. по конец 2010 г. 40% реципиентов (168 из 421) нуждались в ургентной ТС, при этом у 39,9% (67 из 168) из этой категории реципиентов, или 16% (67 из 421) от общего их количества, ВА ЭКМО была использована в качестве метода предтрансплантационной механической поддержки кровообращения. Сравнительный анализ не выявил ухудшения результатов 1- и 5-летней выживаемости реципиентов, несмотря на утяжеление предоперационного статуса реципиентов, предтрансплантационное применение ЭКМО и использование донорских сердец от доноров с расширенными критериями. Развитие программы ТС, включая дооперационное применение ЭКМО, позволило увеличить в этом трансплантационном центре количество ежегодно выполняемых ТС в среднем с 49 (2000–2004 гг.) до 70 (2005–2010 гг.). Chung и соавт. при анализе своего многолетнего опыта выполнения ТС (01.01.1995–01.08.2007 гг.) продемонстрировали, что у 44% (31 из 70) потенциальных реципиентов сердца, находившихся на механической поддержке методом ЭКМО, была затем выполнена успешная ТС [15].

Как показывает наш собственный опыт, увеличение объема ТС за последнее время сопровождалось и ростом количества ТС, выполненных после временной механической поддержки кровообращения методом периферической ВА ЭКМО (13,6% от общего количества трансплантаций). Предпосылками для столь широкого внедрения этого метода временной механической поддержки кровообращения перед ТС считаем: совершенствование методики постановки периферической ВА ЭКМО и тактики

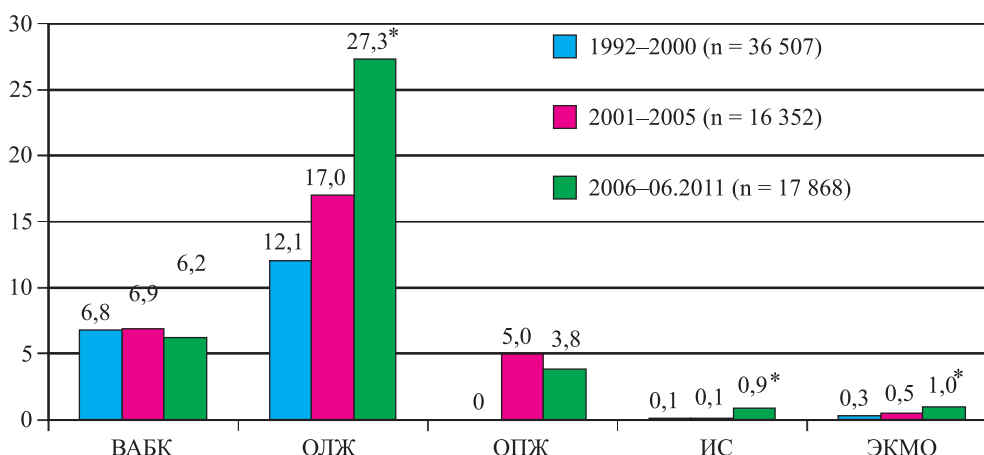


Рис. 4. Механическая поддержка кровообращения перед трансплантацией сердца (данные 29-го регистра ISHLT, 2010 г.). *Примечание.* ВАБК – внутриаортальная баллонная контрпульсация; ОЛЖ – обход левого желудочка; ОПЖ – обход правого желудочка; ИС – искусственное сердце; ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация; \* – достоверность отличия ( $p < 0,0001$ ) по сравнению с периодом 1992–2000 гг.

ведения потенциальных реципиентов, находящихся на ВК: наличие совершенного оборудования, отработка мини-хирургического доступа к бедренным сосудам, раздельная методика канюляции бедренной артерии, направленная на профилактику ишемии нижней конечности; ранняя активизация пациентов после начала ВК; оптимальная тактика гепаринизации, активная профилактика возможных инфекционных и неинфекционных осложнений; использование сердец от доноров с расширенными критериями; активная работа и помощь центров органного донорства для возможности своевременного выполнения ТС; совершенствование методики ведения в раннем послеоперационном периоде реципиентов с предтрансплантационной механической поддержкой кровообращения и др.

Продолжительность предтрансплантационного применения ЭКМО может варьировать от нескольких часов до нескольких недель, определяясь клиническим статусом потенциального реципиента и наличием подходящего донорского сердца. По мнению многих авторов, продолжительность ЭКМО перед трансплантацией не должна превышать 7 дней. При этих сроках ее применения удастся на фоне механической поддержки кровообращения улучшить предоперационное состояние пациентов и избежать развития тяжелых осложнений (кровотечение, тромбоэмболии, инфекция, сепсис), которые могут негативно повлиять на течение посттрансплантационного периода или сделать выполнение самой трансплантации нецелесообразной [16]. Отдельные наблюдения демонстрируют успешность выполнения ТС и при более длительных сроках предоперационной ВА ЭКМО (например, 50 дней) [17].

При выборе метода проведения ЭКМО предпочтение отдается ее периферической методике, что связано с меньшей травматичностью процедуры постановки, меньшим риском геморрагических, инфекционных осложнений, возможностью более быстрой активизации пациентов и сохранением интактной грудной клетки, что имеет важное значение для последующего выполнения ТС и профилактики развития инфекционных осложнений со стороны операционной раны у пациентов, находящихся на иммуносупрессивной терапии после трансплантации. Принципиальным при проведении периферической ВА ЭКМО остается профилактика ишемии нижней конечности, особенности при анатомически малых размерах бедренной артерии и предполагаемых длительных сроках экстракорпоральной поддержки жизни. Использование пункционного метода постановки периферических канюль у данной категории больных считаем нецелесообразным, так как эта методика может сопровождаться повышенным риском развития кровотечения из места постановки канюль, ишемии нижней конечности [18].

В своей клинической практике при периферической ВА ЭКМО во всех случаях используем хирургическую тактику раздельной канюляции и перфузии нижней конечности, что обеспечивает поддержание адекватного кровообращения и профилактику развития ишемии нижней конечности, особенно при длительных сроках проведения ВК.

Другой важной проблемой применения ЭКМО в качестве экстракорпоральной поддержки жизни у потенциальных реципиентов сердца является адекватная гемодинамическая разгрузка левого желудочка, которая может потребовать выполнения дополнительных инвазивных процедур, направленных на уменьшение его линейных и объемных характеристик, снижение левожелудочкового конечно-диастолического давления, левопредсердного давления и устранение застоя крови в малом круге кровообращения [18–20]. В 6 (35,3%) из 17 наблюдений мы применили собственную, оригинальную методику декомпрессии левых отделов сердца путем установки дополнительной дренажной канюли в левое предсердие из трансфеморального доступа, что обеспечило уменьшение давления в левом предсердии, разгрузку малого круга и регресс клинико-инструментальных проявлений отека легких.

Одним из перспективных направлений применения ЭКМО при подготовке к ТС является ее использование в качестве первого, непродолжительного этапа механической поддержки кровообращения с последующим переходом на имплантируемые или паракорпоральные системы одно- или двухжелудочкового обхода или на искусственное сердце. Данное направление получило название двухэтапного механического моста при ТС (*mechanical bridge to mechanical bridge*, или *double mechanical bridges*) [16]. Подобная тактика может быть оправданной у пациентов, у которых на фоне выраженной декомпенсации кровообращения, полиорганных нарушений, астенизации и других расстройств имплантация систем вспомогательного кровообращения или выполнение ТС сопряжено с высоким риском. В данной ситуации постановка системы ЭКМО создает гемодинамические условия для стабилизации и улучшения клинического состояния пациентов, что предопределяет успешность последующих оперативных вмешательств. Так, по данным Wang и соавт., в National Taiwan University Hospital в период с 05.1994 г. по 10.2000 г. у 10 (7,5%) из 134 реципиентов ТС была выполнена после двухэтапной механической поддержки, включавшей ВА ЭКМО и различные варианты ОЛЖ [16]. Во всех наблюдениях ТС оказалась успешной.

При рассмотрении вопроса о стратегии выполнения ТС реципиентам, находящимся на ЭКМО перед трансплантацией, необходимо принимать в расчет повышенный риск неблагоприятного исхода. Hong

и соавт. разработали шкалу риска ТС и показали, что среди всех методов предтрансплантационной механической поддержки кровообращения ЭКМО обладает одним из худших прогностических показателей, уступая в этом только обходу правого желудочка [21]. В этой связи представляется целесообразным выполнение ТС больным, находящимся на ЭКМО, от сердечных доноров с расширенными критериями, что в условиях имеющегося дефицита донорских органов соответствует принципу «high risk donor – high risk recipient» и исключает «нецелевое использование» оптимальных сердечных трансплантатов. Одним из отягчающих факторов выполнения ТС пациентам с предтрансплантационной ВА ЭКМО является повышенная интра- и послеоперационная кровопотеря, что требует проведения массивной трансфузионной терапии, повторных вмешательств (рестернотомий), повышает риск инфекционных и полиорганных расстройств, несвоевременность и неадекватность профилактики развития и активного лечения которых может привести к неблагоприятному исходу.

Выявленными предикторами неудовлетворительной результативности применения ВА ЭКМО у потенциальных реципиентов сердца являются: возраст старше 50 лет; проведение сердечно-легочной реанимации перед постановкой ЭКМО; выраженность полиорганных нарушений, соответствующая более чем 10 баллам по шкале SOFA на момент начала применения ЭКМО. Другими факторами неблагоприятного исхода при ЭКМО у потенциальных реципиентов сердца считают также высокий индекс массы тела, наличие грибковой инфекции и массивность трансфузионной терапии [22]. В 2004 г. Chen и соавт. на основании своего опыта ЭКМО у 78 кандидатов на ТС предложили собственную шкалу оценки риска, основными факторами неблагоприятного исхода явились: легочная дисфункция; наличие генерализованной инфекции; метаболические расстройства (лактат крови > 3 ммоль/л); почечная дисфункция; высокий уровень креатинкиназы (более 10000 Ед./л) (Risk Factor Screening Scale (RFSS) [23]. Пациенты с суммарным количеством баллов более 7 имели неудовлетворительный прогноз.

В последнее время отмечено улучшение результатов ТС реципиентам с расширенными критериями, в том числе с предтрансплантационной ЭКМО. По данным группы трансплантации сердца, руководимой проф. А.О. Zuckermann из Университетской клиники (Вена, Австрия), по мере накопления опыта растет и результативность ТС, выполненных с использованием предоперационной ВА ЭКМО [24]. За последние годы выживаемость реципиентов с предтрансплантационной ЭКМО возросла с 31,2 до 62,5%.

Концепция превентивного интраоперационного применения ЭКМО у реципиентов сердца с ожидаемой (предполагаемой) неудовлетворительной первичной функцией сердечного трансплантата в связи с длительными (более 7 часов) сроками его консервации была предложена группой исследователей из Anzhen Hospital of the Capital Medical University (Пекин, КНР) [25]. Данный подход к превентивному применению ЭКМО при ОТС был реализован у 11 реципиентов сердца. У 86,4% реципиентов ЭКМО была успешно прекращена, 30-дневная и годовая выживаемость была достаточно высока и составила соответственно 81,8 и 72,7%. Поскольку применение ВА ЭКМО как метода предтрансплантационного ВК требует своевременности выполнения ТС, что приводит к необходимости более частого использования сердец от доноров с расширенными критериями, повышается риск развития гемодинамически значимой преходящей ранней дисфункции сердечного трансплантата. В этой связи начатая до ТС и продолженная после ее выполнения ВА ЭКМО выступает уже в качестве средства посттрансплантационной поддержки кровообращения. В нашем исследовании только в 4 (23,5%) наблюдениях имелись все условия для прекращения ВА ЭКМО сразу после окончания операции. У большинства реципиентов применение ВА ЭКМО было продолжено в раннем посттрансплантационном периоде, в том числе и как средства гемодинамической поддержки при выраженных проявлениях дисфункции сердечного трансплантата, что позволило обеспечить адекватность системного кровообращения на этапе восстановления насосной функции сердечного трансплантата.

Развитие программы предтрансплантационной поддержки кровообращения методом периферической ВА ЭКМО позволило в 76,4% добиться успешного выполнения ТС, что явилось результатом содружественной, скоординированной работы хирургических подразделений, отдела анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии и центров органного донорства, а также совершенствования методики осуществления периферической ВА ЭКМО в процессе ее проведения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Периферическая вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация является перспективным и высокорезультативным методом предтрансплантационной механической поддержки кровообращения, что создает предпосылки для эффективного лечения потенциальных реципиентов с быстро прогрессирующей, жизнеугрожающей декомпенсацией сердечной деятельности при необходимости неотложного выполнения им пересадки сердца.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шумаков Д.В., Толпекин В.А., Романов О.В. Вспомогательное кровообращение и искусственное сердце до и после пересадки сердца // Трансплантология: Руководство для врачей (под редакцией В.И. Шумакова), МИА. М., 2006: 252–265.  
Shumakov D.V., Tolpekin V.A., Romanov O.V., Auxiliary blood circulation and artificial heart before and after a heart transplant // *Transplantologia. Rukovodstvo dla vrachey* (edited by Century I. Shumakov). MIA, Moscow, 2006: 252–265.
2. Bigdeli A.K., Deutsch M.-A., Beiras-Fernandez A. ECMO After Prolonged Cardiopulmonary Resuscitation as a Successful Bridge to Immediate Cardiac Retransplant in a 6-Year-Old Girl // *Exper. and Clin. Transplant.* 2012; 10: 186–189.
3. Stenlik J., Edwards L.R., Kucheryavaya A. The registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: twenty-seventh official adult heart transplant report – 2010 // *J. Heart. Lung. Transpl.* 2009; 29 (10): 1089–1103.
4. Fumagalli R., Bombino M., Borelli M. Percutaneous bridge to heart transplantation by venoarterial ECMO and transaortic left ventricular venting // *Int. J. Artif. Organs.* 2004; 27 (5): 410–413.
5. Chen Y.S., Ko W.J., Chi N.H. Risk factor screening scale to optimize treatment for potential heart transplant candidates under extracorporeal membrane oxygenation // *Am. J. Transplant.* 2004; Nov; 4 (11): 1818–1825.
6. Wang S.S., Ko W.J., Chen Y.S. Mechanical bridge with extracorporeal membrane oxygenation and ventricular assist device to heart transplantation // *Artif. Organs.* 2001; 25 (8): 599–602.
7. Gurbanov E., Meng X., Cui Y. Evaluation ECMO in adult cardiac transplantation: can outcomes of marginal donor hearts be improved? // *J. Cardiovasc. Surg. (Torino).* 2011; 52 (3): 419–427.
8. Groemmer M., Aliabadi A.Z., Eskandary F.A. Extracorporeal membrane oxygenation in cardiac transplantation: rescue or jinx? // *Interactive Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2012; 15 (suppl. 2): S 122.
9. Hong K.N. Who is high-risk recipients? Predicting mortality after heart transplant using pretransplant Donor and Recipient risk factors // *Ann. Thorac. Surg.* 2011; 92: 520–527.
10. D'Alessandro C., Laali M., Barreda E. Evolution of recipient and donor profiles in cardiac transplantation: single-centre ten-year experience // *Interactive Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2012; 15 (suppl. 2): S 92.
11. Loisanche D., Hillion M. L., Deleuze P. Extracorporeal circulation with membrane oxygenation as a bridge to transplantation in cardiac surgical patients // *Transplant Proc.* 1987; 19 (5): 3786–3788.
12. Fux T., Svenarud P., Grinnemo K.H. Extracorporeal membrane oxygenation as a rescue of intractable ventricular fibrillation and bridge to heart transplantation // *Eur. J. Heart. Fail.* 2010; 12 (3): 301–304.
13. Hsu Pj-Shun, Chen Gui-Jieng, Tsai Yi-Jieng 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.
14. Yang H.Y., Lin C.Y., Tsai Y.T., Lee C.Y., Tsai C.S. Experience of heart transplantation from hemodynamically unstable brain-dead donors with extracorporeal support // *Clin. Transplant.* 2012; Jan. 26 (5): 792–796.
15. Ziembra E.A., John R. Mechanical circulatory support for bridge to decision: which device and when to decide // *J. Card. Surg.* 2010; 25 (4): 425–433.
16. Camboni D., Phillip A., Schimid 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.
17. Seib P.M., Faulkner S.C., Erickson C.C. 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.
18. Chung J.C., Tsai P.R., Chou N.K. Extracorporeal membrane oxygenation bridge to adult heart transplantation // *Clin. Transplant.* 2010; 24 (3): 375–380.
19. Frazier O.H. Mechanical circulatory support: new advances, new pumps, new ideas // *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2002; 14 (2): 178–186.
20. BarZiv S.M., McCrindle B.W., West L.J. Outcomes of pediatric patients bridged to heart transplantation from extracorporeal membrane oxygenation support // *ASAIO J.* 2007; 53 (1): 97–102.
21. Matsumiys G., Saitoh S. Extracorporeal assist circulation for heart failure // *Circ. J.* 2009; Suppl. A: A42–A47.
22. Ganslmeier P., Philipp A., Rupprecht L. Percutaneous cannulation for extracorporeal life support // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 59 (2): 103–107.
23. Harmouche M., Flécher E., Abouliatim I. Heart transplantation for patients on high emergency list with or without extracorporeal membrane oxygenation support // *Ann. Cardiol. Angeiol.* 2011; 60 (1): 15–20.
24. Di Russo G.B., Clark B.J., Bridges N.D. Prolonged extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to cardiac transplantation // *Ann. Thorac. Surg.* 2000; 69 (3): 925–927.
25. Barth E., Durand M., Heylbroeck C. Rossi-Blancher M. Extracorporeal life support as a bridge to high-urgency heart transplantation // *Clin. Transplant.* 2012; 26 (3): 484–488.