

DOI: 10.15825/1995-1191-2017-4-113-123

## ВРЕМЕННАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА КРОВООБРАЩЕНИЯ У ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЦИПИЕНТОВ СЕРДЦА

*В.Н. Попцов, Е.А. Спирина, С.Г. Ухренков, Д.М. Бондаренко, А.А. Догонашева, Э.З. Алиев*

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

Несмотря на то что в последнее время системы имплантируемого ЛЖО стали ведущим методом механической поддержки кровообращения у потенциальных реципиентов сердца, применение временной МПК как механического моста к трансплантации сердца (ТС) продолжает оставаться актуальным. Временная МПК обеспечивает достижение быстрой коррекции расстройств системной гемодинамики и создает клинические и организационные условия для выполнения неотложной ТС. Данный подход в организации лечения терминальной ЗСН позволяет не только сохранить жизнь потенциальным реципиентам сердца, но и улучшить доступность ТС. В обзоре представлена характеристика и обсуждается эффективность различных методов временной МПК у потенциальных реципиентов сердца, нуждающихся в неотложной ТС. Особо указывается, что временная МПК у многих потенциальных реципиентов сердца остается методом выбора при быстро прогрессирующих жизнеугрожающих расстройствах системного кровообращения, когда имплантация систем длительного моно- или бивентрикулярного обхода сопряжена с высоким риском. Выбор метода временной МПК определяется вариантом и выраженностью нарушений центральной гемодинамики и предполагаемыми сроками ее применения.

*Ключевые слова:* трансплантация сердца, имплантируемый обход левого желудочка, временная механическая поддержка кровообращения.

## TEMPORARY MECHANICAL CIRCULATORY SUPPORT IN HEART TRANSPLANT CANDIDATES

*V.N. Poptsov, E.A. Spirina, S.G. Ukhrenkov, D.M. Bondarenko, A.A. Dogonashcheva, E.Z. Aliev*

V.I. Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

Implantable left ventricular assist devices (LVAD) have become the leading method of mechanical circulatory support (MCS) in heart transplant candidates. But the temporary MCS as a mechanical bridge to heart transplantation (HT) continues to use. The temporary MCS remains an efficiency method of treatment of life-threatening heart failure (HF), when implantation of permanent LVAD or BiVAD is associated with high risk. The temporary MCS creates clinical and organizational conditions for the urgent HT. This approach allows not only to save life of heart transplant candidates, but also to improve the availability of the HT. The choice of the temporary MCS is determined by the type and severity of HF and the expected duration of its application. The review presents a characteristic, and discusses the effectiveness of various methods of temporary MCS at heart transplant candidates needed in urgent HT.

*Key words:* heart transplantation, implantable left ventricular assist devices, temporary mechanical circulatory support.

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

**For correspondence:** Poptsov Vitaly Nicolaevich. Address: 1, Shchukinskaya st., Moscow, 123182, Russian Federation. Tel. (963) 644-96-39. E-mail: poptsov\_vit@mail.ru

В последнее десятилетие имплантируемые системы длительного левожелудочкового обхода (ЛЖО) стали ведущим методом механической поддержки кровообращения (МПК) у пациентов с терминальной застойной сердечной недостаточностью (ЗСН), позволяющим дожить до трансплантации сердца (bridge to transplantation) или при наличии противопоказаний к последней обеспечить дожитие с меньшими клиническими проявлениями ЗСН (destination therapy (DT)). По данным регистра Международного общества по трансплантации сердца и легких (ISHLT) в 2016 г. более 45% ТС выполнено у реципиентов с предтрансплантационной МПК методом имплантируемого длительного ЛЖО. Однако имплантация системы длительного ЛЖО с последующим быстрым клиническим улучшением прогнозируема только у пациентов со стабильным течением ЗСН (уровень 3 и 4 по классификации INTERMACS), с преимущественным нарушением насосной функции левого желудочка (ЛЖ) и соответствующим низким периоперационным риском [1]. У пациентов с критическими расстройствами гемодинамики (уровень 1 и 2 по классификации INTERMACS) и развивающимися полиорганными нарушениями оперативное вмешательство по имплантации ЛЖО, выполняемое в условиях искусственного кровообращения, сопряжено с крайне высоким риском. При бивентрикулярной ЗСН результаты применения имплантируемого ЛЖО хуже, что связано с необходимостью длительной медикаментозной и/или дополнительной механической коррекции правожелудочковой недостаточности [2]. Частое развитие тромбоэмболических, геморрагических, инфекционных и других осложнений также снижает результативность длительной МПК методом имплантируемого ЛЖО [3, 4]. Высокая стоимость самих систем ЛЖО, а также лечения и постимплантационного ведения пациентов является фактором, ограничивающим широкое внедрение данного метода вспомогательного кровообращения не только в странах с ограниченными бюджетными возможностями, но и с высоким уровнем финансирования здравоохранения [5].

Альтернативным подходом к лечению пациентов с терминальной ЗСН стало применение систем непродолжительной (временной) МПК для достижения быстрой коррекции расстройств системной гемодинамики и создания клинических и организационных условий для выполнения неотложной ТС [6]. Данный подход в организации лечения терминальной ЗСН позволяет не только сохранить жизнь потенциальным реципиентам сердца, но и улучшить доступность ТС [7].

Методами временной МПК, используемыми у потенциальных реципиентов сердца, являются:

1) внутриаортальная баллонная контрпульсация;

- 2) моно- или бивентрикулярный паракорпоральный обход, осуществляемый с помощью центрифужного насоса;
- 3) чрескожный трансфemorальный транссептальный обход левого желудочка;
- 4) вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация.

## **ВНУТРИОРТАЛЬНАЯ БАЛЛОННАЯ КОНТРПУЛЬСАЦИЯ**

Физиологический эффект артериальной контрпульсации, проявляющийся увеличением коронарного кровотока, впервые был описан и исследован Kantrowith A. в 1953 г. [8, 9]. В начале 1960-х годов Mouloupoulos S.D. и соавт. была разработана методика внутриаортальной баллонной контрпульсации (ВАБК), основанная на синхронизированном с сердечным циклом раздуванием и последующим сдуванием баллона, расположенного на внутрисосудистом катетере и заполненного углекислым газом (CO<sub>2</sub>) [10]. Первый успешный опыт клинического применения ВАБК у пациентов с рефрактерным к медикаментозной терапии кардиогенным шоком принадлежит Kantrowith A. и соавт. (1968 г.) [11]. Разработка методики чрескожной пункционной установки внутриаортального баллона по методике Сельдингера через бедренную артерию в 1980 г. способствовала более широкому использованию ВАБК в лечении пациентов с выраженными расстройствами системной гемодинамики различного генеза [12].

Несмотря на внедрение новых чрескожных пункционных технологий вспомогательного кровообращения, ВАБК продолжает широко использоваться в повседневной клинической практике. Только в США ежегодно ВАБК применяется приблизительно у 200 тыс. пациентов [13]. В соответствии с рекомендациями American College of Cardiology/American Heart Association (ACC/AHA) от 2004 г. и 2007 г., а также рекомендациями European Society of Cardiology (ESC) от 2012 г. показаниями для ВАБК являются следующие [14–16]:

- острый инфаркт миокарда, осложнившийся кардиогенным шоком;
- нестабильность системной гемодинамики до, во время и после эндоваскулярных вмешательств на коронарных артериях;
- вспомогательное кровообращение при кардиохирургических вмешательствах у пациентов с ишемическим повреждением миокарда и сниженным сердечным индексом.

Частота применения ВАБК при различных клинических ситуациях, связанных с расстройствами коронарного и/или системного кровообращения, составляет: нестабильная стенокардия – 4%; острый инфаркт миокарда – 24,5%; эндоваскулярные вме-

шатательства на коронарных артериях – 10,5%; желудочковые нарушения ритма, связанные с ишемией миокарда – 4,5%; превентивное применение перед кардиохирургическими вмешательствами – 14%; МПК при невозможности отключения от искусственного кровообращения при кардиохирургических операциях – 34%; «анатомические» осложнения острого инфаркта миокарда (острая ишемическая митральная недостаточность, острый ишемический дефект межжелудочковой перегородки – 1,2%; рефрактерная желудочковая недостаточность – 7%; другие показания – 0,3% [17–20].

Использование ВАБК с целью предтрансплантационной МПК, и прежде всего у пациентов с ЗСН, развившейся на фоне дилатационной кардиомиопатии (ДКМП), считается «нестандартным» показанием для ее применения. В отдельных исследованиях показано улучшение системной гемодинамики и органной функции на фоне применения ВАБК как метода предтрансплантационной МПК у пациентов с различными видами кардиомиопатии, включая дилатационную. Norkiene I. и соавт. (2007 г.) установили, что у пациентов с ДКМП ( $n = 11$ ) применение ВАБК в течение 48 ч способствовало существенному увеличению АДср. (в среднем до 82 мм рт. ст.), снижению ЦВД (в среднем с 14 до 8 мм рт. ст.), ЗДЛА (в среднем с 30 до 16 мм рт. ст.) и повышению СИ (в среднем с 2,2 до 2,6 л/мин) при одновременном снижении уровня лактата крови (в среднем с 4,5 до 1,1 ммоль/л) [22]. Продолжительность применения ВАБК в данном исследовании составила от 72 до 360 ( $181 \pm 82$ ) ч.

Значительно больший опыт успешного использования ВАБК в качестве метода предтрансплантационной МПК у потенциальных реципиентов сердца ( $n = 40$ ) представили Gjesdal O. и соавт. (2009 г.): 32 (80%) пациентам была выполнена ТС на  $21 \pm 16$  (3–66) сутки ВАБК; у 7 (18%) пациентов потребовалась дополнительная МПК на  $25 \pm 21$  (1–49) сутки от начала ВАБК [23]. Длительное применение ВАБК у этих пациентов сопровождалось не только улучшением системной гемодинамики, но и значимым регрессом полиорганной дисфункции: снижение креатинина (в среднем со 128 до 102 мкмоль/л), мочевины (в среднем с 13 до 7 ммоль/л), АСТ (в среднем с 682 до 63 Ед./л (!!!)), АЛТ (в среднем с 483 до 126 (!!!)). В целом ранняя и отдаленная летальность реципиентов сердца с предтрансплантационной ВАБК и без МПК была сопоставимой: 30-дневная (6,2% против 3,7%); 1-летняя (9,4% против 11,1%); 3-летняя (12,5% против 11,1%). Результаты ТС были существенно лучше у реципиентов ( $n = 23$ ), у которых продолжительность предтрансплантационной ВАБК составила более 10 суток ( $27 \pm 14$  суток): 30-дневная и 1-летняя летальность после ТС составила соответственно 4 и 9%. Авторы особо

подчеркивают, что продленная (более 10 суток) ВАБК улучшает предтрансплантационный статус потенциальных реципиентов, в частности, создавая гемодинамические условия для значимого регресса почечной и/или печеночной дисфункции, и обеспечивает высокую результативность ТС [23]. Кроме того, Gjesdal O. и соавт. (2009 г.) также указывают на то, что применение ВАБК как метода временной предтрансплантационной МПК стало возможным благодаря обеспеченности их трансплантационного центра достаточным количеством донорских сердец. Ежегодное количество ТС составило в среднем 26 в год, интервал между трансплантациями – 14 дней. По данным Castleberry A.W. и соавт., в США у потенциальных реципиентов сердца ВАБК применяют преимущественно в трансплантационных центрах, выполняющих сходное количество ТС (26,1 ТС/год), в то время как центры с меньшей трансплантационной активностью (19,1 ТС/год) чаще прибегают к использованию пролонгированных систем МПК [24].

Несмотря на все увеличивающееся использование имплантируемых систем ЛЖО при терминальной ЗСН отдельные трансплантационные центры являются сторонниками применения ВАБК в качестве метода МПК у потенциальных реципиентов. Даже Texas Heart Institute, как один из пионеров в разработке и клиническом внедрении имплантируемых систем ЛЖО, до сих пор активно использует ВАБК в качестве метода предтрансплантационной МПК. В этом трансплантационном центре 7% реципиентов перед ТС находились на МПК методом ВАБК [24]. Gjesdal O. и соавт. считают, что у 22% потенциальных реципиентов сердца применение ВАБК может быть достаточным для эффективной коррекции прогрессирующих расстройств системной гемодинамики [23].

Один из первых клинических опытов длительной (более 20 суток) ВАБК принадлежит Freed P.S. и соавт. (1988 г.), которые заложили основы для применения ВАБК с целью МПК у потенциальных реципиентов сердца [25]. Продолжительность ВАБК у этой группы составила от 20 до 71 дня (средняя продолжительность 33 дня). Несмотря на высокую частоту осложнений при осуществлении ВАБК из бедренного артериального доступа (гнояная инфекция, кровотечение из места катетеризации бедренной артерии, ишемия нижней конечности), 17 (63%) из 27 пациентов были успешно выписаны из стационара.

В США в период с 30.06.2004 г. по 31.12.2011 г. была выполнена 571 ТС у реципиентов с предтрансплантационной ВАБК, что составило от 3,4 до 6,5% пересадок сердца в год. ВАБК перед операцией продолжалась в среднем 22 (от 7 до 77) суток [24]. ВАБК в качестве метода вспомогательного крово-



обращения в основном применили у реципиентов с малыми антропометрическими параметрами (преимущественно женщины), низким уровнем аллосенсибилизации и не имеющих 0 (I) группу крови. 30- и 90-дневная летальность у данной категории реципиентов сердца составила соответственно 5,9 и 7,9%. Отдаленная 5-летняя выживаемость оказалась несколько хуже, чем у реципиентов с предтрансплантационной МПК методом имплантируемого ОЛЖ, что связывают с более худшими донорскими факторами: более частое наличие трансмиссивного атеросклероза, длительный стаж курения, употребления кокаина [24].

Длительная ВАБК, осуществляемая из стандартного трансфеморального доступа, сопряжена с определенным риском ишемии нижней конечности, кровотечения из места катетеризации, локального гнойного воспаления, а также длительной иммобилизации пациентов, что может негативно сказаться на результатах предтрансплантационной МПК. Были предложены другие варианты обеспечения сосудистого доступа для проведения длительной ВАБК у потенциальных реципиентов сердца. Мауер J.H. (1978 г.) первым предложил использовать подключичную артерию для проведения катетера для ВАБК, что требовало выполнения резекции правой ключицы [26]. Впервые методика ВАБК в режиме так называемой амбулаторной МПК, подразумевающей возможность мобилизации пациента (самостоятельного передвижения) в помещении ОРИТ или за его пределами, была предложена McBride L.R. и соавт. (1989 г.) и предполагала проведение контрпульсационного катетера через подмышечную артерию из открытого хирургического доступа [27]. В 2000 г. Н'Doubler P.V. и соавт. предложили методику проведения катетера для ВАБК через левую подмышечную артерию с использованием венозного аутооттрансплантата в качестве сосудистого протеза, предварительно пришитого к артериальной стенке «конец в бок» [28]. Также было предложено проведение контрпульсационного катетера через подвздошную артерию [29]. Cochran R.P. и соавт. (2002 г.) использовали вместо венозного аутооттрансплантата синтетический сосудистый протез диаметром 4–8 мм, проведенный через подкожный туннель (8–10 см) и выведенный через небольшой разрез на переднюю грудную стенку [30]. Данная методика обеспечила длительную предтрансплантационную МПК продолжительностью от 12 до 70 дней и последующую успешную ТС у 4 реципиентов, у которых имелись противопоказания для имплантируемого ЛЖО. Стоимость предтрансплантационной МПК методом ВАБК оказалась в 10–50 раз дешевле, чем при использовании имплантируемых систем ЛЖО, при такой же гемодинамической эффективности.

## **ЧРЕСКОЖНЫЙ ТРАНСФЕМОРАЛЬНЫЙ ТРАНССЕПТАЛЬНЫЙ ОБХОД ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА**

С целью быстрой коррекции выраженных гемодинамических нарушений, рефрактерных к применению кардиотонической терапии и/или ВАБК, была разработана методика чрескожного трансфеморального трансептального обхода левого желудочка – continuous-flow percutaneous ventricular assist device (pVAD) (Tandemheart (CardiacAssist Inc., Pittsburgh, США) [31]. Данная методика основана на чрескожной трансфеморальной трансвенозной канюляции левого предсердия через межпредсердную перегородку однопросветной канюлей 21 F. Посредством экстракорпорального насоса осуществляется активный дренаж крови из левого предсердия с последующим нагнетанием в бедренную артерию через установленную пункционным чрескожным методом однопросветную канюлю 15 или 17 F [32]. Проводимый подобным образом ЛЖО обеспечивает дренирование до 4 л/мин из левых отделов сердца с последующим нагнетанием в системный кровоток. Indelchik G.M. и соавт. (2008 г.) из Texas heart Institute (США) представили свой опыт pVAD в качестве метода МПК у потенциальных реципиентов сердца [33]. pVAD с объемной скоростью экстракорпорального кровотока  $3,7 \pm 0,3$  л/мин у 18 потенциальных реципиентов сердца привел к быстрой коррекции расстройств центральной гемодинамики: увеличение систолического АД в среднем с 72 до 98 мм рт. ст., СИ – с 0,9 до 2,5 л/мин/м<sup>2</sup> при одновременном снижении ЦВД с 23 до 12 мм рт. ст., ЗДЛА с 28 до 14 мм рт. ст. Результатом стала нормализация кислотно-основного состояния (коррекция метаболического ацидоза) и коррекция полиорганных нарушений. Длительность pVAD у данной категории пациентов составила  $4,2 \pm 2,5$  дня. С учетом максимальной рекомендуемой (до 14 дней) продолжительности применения pVAD этот временной интервал может быть достаточным для подготовки потенциальных реципиентов к неотложной ТС или к переходу от временной к длительной МПК (bridge-to-bridge) [34–36].

## **МОНО- ИЛИ БИВЕНТРИКУЛЯРНЫЙ ПАРАКОРПОРАЛЬНЫЙ ОБХОД, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЙ ЦЕНТРИФУЖНЫМ НАСОСОМ**

В свое время разработка и клиническое внедрение различных моделей центрифужных насосов (например, Biopump Medtronic, Terumo Cariox pump, Nikkiso pump, Sarns centrifugal pump) сыграло историческую роль в развитии и становлении МПК, создав технологические условия для проведения паракорпорального одно- (право- или левожелудоч-

дочкового) или бивентрикулярного обхода с целью коррекции жизнеугрожающих расстройств центральной гемодинамики, а также технологии экстракорпоральной мембранной оксигенации [37–41]. Данные системы МПК стали широко применяться в кардиохирургии у пациентов с выраженной посткардиотомной СН при невозможности прекращения искусственного кровообращения [42, 43]. Был накоплен определенный успешный опыт применения паракорпорального одно- или бивентрикулярного обхода с целью предтрансплантационной МПК у потенциальных реципиентов [44]. Однако необходимость выполнения стернотомии с целью канюляции полостей сердца, аорты и/или легочной артерии, высокая частота геморрагических, инфекционных, а также тромбоэмболических осложнений явились факторами, негативно влияющими на результативность МПК методом паракорпорального обхода на основе роторного насоса [45]. Было установлено, что риск тромбоза центрифужного насоса резко возрастает к 2-недельному сроку его использования и существует прямая зависимость между длительностью его применения и размерами тромба [46]. В связи с этим продолжительность МПК на основе центрифужного насоса ограничена временным интервалом его безопасного применения с учетом риска тромбоэмболических осложнений [47].

В НИИ трансплантологии и искусственных органов был накоплен уникальный для отечественной медицинской практики опыт применения паракорпорального лево- и бивентрикулярного обхода с помощью центрифужного насоса BioPump (Medtronic) с целью предтрансплантационной МПК у потенциальных реципиентов, были выполнены первые успешные двухэтапные ТС у реципиентов с длительным (от 8 до 55 дней) применением паракорпорального левожелудочкового ( $n = 1$ ) обхода [48, 49].

Новые модели центрифужных насосов имеют лучшие антитромбогенные характеристики, что позволяет осуществлять МПК на протяжении 28 и более дней без риска развития их тромбоза и проводить вспомогательное кровообращение с целью механического бриджа к ТС, к использованию перманентных имплантируемых систем МПК или к восстановлению адекватной насосной функции собственного или трансплантированного сердца (первичная дисфункция, отторжение сердечного трансплантата) [50–52].

Levitronix CentriMag (США) относится к 3-му поколению роторных насосов, функционирующих по принципу магнитной левитации (MAGLEV) [53, 54]. В отличие от других центрифужных насосов прежнего поколения (например, BioPump (Medtronic)) отличается меньшим риском развития тромбоза и гемолиза, что делает его пригодным не только для непродолжительного, но и для продлен-

ного (несколько недель и месяцев) использования для моно- и бивентрикулярной МПК, в том числе у потенциальных реципиентов сердца [52, 55]. Частота возникновения гемолиза в 2 раза меньше, чем при использовании центрифужного насоса Biomedicus BP-80 [56]. Основными показаниями для применения Levitronix CentriMag с целью моно- или бивентрикулярного обхода считают: 1) посткардиотомную острую сердечную недостаточность с невозможностью прекращения искусственного кровообращения; 2) первичную дисфункцию сердечного трансплантата; 3) терминальную ЗСН, рефрактерную к инотропной терапии и ВАБК; 4) острую правожелудочковую недостаточность после имплантации ЛЖО [57].

Haj-Yahia S. и соавт. представили клинический опыт длительного применения Levitronix CentriMag как бивентрикулярного обхода у 4 пациентов с терминальной ЗСН на фоне кардиомиопатии ишемического или дилатационного генеза [58]. У всех пациентов имелась развернутая полиорганная недостаточность с развитием не только сердечно-сосудистой и дыхательной недостаточности, но и с выраженными проявлениями печеночно-почечной дисфункции. Значимое улучшение клинического состояния с регрессом полиорганной недостаточности наступило на 43-й (7–70) день, в связи с чем пациенты были включены в лист ожидания ТС, которая была выполнена через 31 (21–67) день. Таким образом, общая продолжительность бивентрикулярного обхода, осуществленная Levitronix CentriMag, составила 88 (26–106) дней. Авторы особо подчеркивают, что при столь длительной паракорпоральной МПК отсутствовали тромбоэмболические, неврологические и инфекционные осложнения. Особо подчеркивается необходимость тщательного ухода за местами выхода канюль на поверхность кожи, включая и использование аспирационных вакуумных систем. В процессе ведения пациентов удалось обеспечить их мобильность в пределах ОРИТ. Стоимость применения данной системы продленного паракорпорального бивентрикулярного обхода, даже с учетом длительного лечения пациентов в ОРИТ, оказалась в несколько раз меньше по сравнению с имплантируемыми системами МПК.

Паракорпоральный ЛЖО может осуществляться путем забора (дренажа) крови из левого предсердия или левого желудочка. Указывается, что установка канюли в полость левого желудочка обеспечивает лучшие условия для дренажа левых отделов сердца и большую производительность паракорпорального ОЛЖ [59]. Наличие выраженной печеночной дисфункции является предиктором неудовлетворительных результатов применения паракорпорального моно- или бивентрикулярного обхода, как и при применении других методов МПК [60, 61].

Паракорпоральный моно- или бивентрикулярный обход с помощью центрифужного насоса и в настоящее время остается эффективным методом МПК у потенциальных реципиентов сердца, обеспечивая последующее успешное выполнение ТС [62].

### **ВЕНО-АРТЕРИАЛЬНАЯ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНАЯ МЕМБРАННАЯ ОКСИГЕНАЦИЯ**

Длительная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) как метод коррекции грубых расстройств легочного газообмена разрабатывалась сначала в эксперименте, а затем и в клинических условиях в конце 60-х и начале 70-х годов прошлого столетия [63–65]. В 1972 году Hill J.D. и соавт. впервые успешно применили ЭКМО у взрослого пациента [66]. В дальнейшем стало очевидным, что технология ЭКМО позволяет обеспечить проведение МПК и в сочетании с экстракорпоральной поддержкой газообмена при жизнеугрожающих расстройствах системной гемодинамики различного генеза [67, 68].

Одним из наиболее часто используемых методов временной МПК при подготовке и выполнении ТС является вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВА ЭКМО) [6, 69]. Центральная и периферическая ВА ЭКМО как методы экстракорпоральной поддержки кровообращения стали широко применяться для коррекции выраженных расстройств системной гемодинамики, развившихся как у пациентов на этапе ожидания ТС, так и у реципиентов с выраженной ранней или отсроченной дисфункцией сердечного трансплантата. Кроме того, имеется опыт использования ВА ЭКМО для устранения гемодинамических расстройств, возникших во время кондиционирования мультиорганных, в том числе и сердечных, доноров [70]. Основными направлениями применения ВА ЭКМО при реализации программы ТС являются:

- 1) предтрансплантационная механическая поддержка кровообращения у потенциальных реципиентов с остро возникшими или быстро прогрессирующими расстройствами системной гемодинамики, резистентными к медикаментозной терапии;
- 2) превентивное применение у реципиентов с ожидаемым развитием тяжелой первичной дисфункции сердечного трансплантата;
- 3) коррекция ранней или отсроченной дисфункции сердечного трансплантата, обусловленной как не иммунологическими, так иммунологическими факторами.

Одним из разрабатываемых направлений клинического применения ВА ЭКМО при реализации программы ТС является ее использование у по-

тенциальных реципиентов для МПК. ВА ЭКМО обеспечивает быстрое восстановление системной гемодинамики и адекватную органную перфузию, что способствует профилактике развития или быстрому регрессированию полиорганных расстройств и делает реальным успешное выполнение ТС у этой наиболее тяжелой категории потенциальных реципиентов сердца [71]. Отдельные клинические наблюдения демонстрирует успешность выполнения ТС у больных, у которых ВА ЭКМО была использована как средство сердечно-легочной реанимации и последующего механического моста к трансплантации [71–73].

Анализ ежегодно публикуемых регистров ISHLT, что частота выполнения ТС у реципиентов с предтрансплантационной МПК методом ВА ЭКМО не превышает 1%, кумулятивные данные, представленные в 29-м регистре ISHLT (2012 г.), демонстрируют более чем 3-кратное увеличение применения ВА ЭКМО перед ТС за 2006–06.2011 гг. по сравнению с более ранним периодом (1992–2000 гг.) [74]. Эти результаты показывают все возрастающий интерес не только к увеличению использования имплантируемых систем вспомогательного кровообращения (ОЛЖ, ИС), но и систем временной поддержки кровообращения (прежде всего ВА ЭКМО).

Отдельные трансплантационные центры обладают значительным опытом использования ВА ЭКМО у потенциальных реципиентов как взрослой, так и детской возрастных категорий, который может быть полезен клиникам, активно начинающим применять в своей практике ВА ЭКМО как один из методов экстракорпоральной поддержки жизни.

Заслуживает внимания опыт госпиталя Pitie-Salpetriere (Париж, Франция), в котором с 2005 г. развивается программа ТС реципиентам, находящимся в ургентном листе ожидания (high-emergency waiting list) и нуждающимся в неотложном ее выполнении [75]. За период с начала 2005 г. по конец 2010 г. 40% реципиентов (168 из 421) находились перед трансплантацией в ургентном листе ожидания, при этом у 39,9% (67 из 168) из этой категории реципиентов, или 16% (67 из 421) от общего количества реципиентов, ВА ЭКМО была использована в качестве метода предтрансплантационной МПК. Сравнительный анализ не выявил ухудшения результатов 1- и 5-летней выживаемости реципиентов, несмотря на утяжеление предтрансплантационного статуса реципиентов, предтрансплантационное применение ВА ЭКМО и использование донорских сердец от субоптимальных доноров. Расширение программы ТС, включая дооперационное применение ЭКМО, позволило увеличить количество ежегодно выполняемых трансплантаций с 49 (2000–2004 гг.) до 70 (2005–2010 гг.).



Chung J.C. 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 ТС [76]. В других исследованиях была показана еще более высокая частота выполнения ТС после предоперационной ВА ЭКМО.

Продолжительность претрансплантационного применения ВА ЭКМО может варьироваться от нескольких часов до нескольких недель, определяясь клиническим статусом потенциального реципиента и наличием подходящего донорского сердца. По мнению многих авторов, продолжительность ВА ЭКМО перед трансплантацией не должна превышать 7 дней, при этом сроке ее применения удается 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 [77]. Отдельные наблюдения демонстрируют успешность выполнения ТС и при длительных сроках предоперационной ЭКМО (например, 50 дней) [78].

Концепция превентивного периоперационного применения ВА 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) [79]. Данный подход к превентивному применению ВА ЭКМО при ОТС был реализован у 11 реципиентов сердца. У 86,4% реципиентов ВА ЭКМО была успешно прекращена, 30-дневная и 1-годичная выживаемость была достаточно высока и составила соответственно 81,8 и 72,7%.

При использовании ВА ЭКМО у потенциальных реципиентов сердца более предпочтительным представляется ее проведение по периферической методике, что связано с меньшей травматичностью процедуры постановки канюль, меньшим риском геморрагических, инфекционных осложнений, возможностью более быстрой активизации пациентов и сохранением интактной грудной клетки.

Принципиальным при периферической ВА ЭКМО остается профилактика ишемии нижней конечности, в 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 [80].

Другой важной проблемой применения ВА ЭКМО в качестве экстракорпоральной поддержки жизни у потенциальных реципиентов сердца является адекватная объемная 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 [81, 82].

Одним из перспективных направлений применения ВА 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*) [77]. 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 экстренной ТС сопряжено с высоким риском неблагоприятного исхода. В данной ситуации постановка системы ЭКМО создает гемодинамические условия для стабилизации и улучшения клинического состояния пациентов, что предопределяет успешность последующих оперативных вмешательств и использования систем длительной механической поддержки кровообращения. Так, по данным Wang S.S. и соавт., в National Taiwan University Hospital в период с 05.1994 по 10.2000 гг. у 10 (7,5%) из 134 реципиентов ТС была выполнена после двухэтапной механической поддержки, включавшей сначала применение ВА ЭКМО с последующей имплантацией систем левожелудочкового обхода [77]. Во всех наблюдениях последующая ТС была успешной.

При рассмотрении вопроса о стратегии выполнения ТС реципиентам, находящимся на ЭКМО перед трансплантацией, необходимо принимать в расчет более высокий риск выполнения пересадки у пациентов с временной МПК [83]. В этой связи представляется целесообразным выполнение ТС потенциальным реципиентам, находящимся на механической поддержке кровообращения ВА ЭКМО, от 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.

Выявленными предикторами неудовлетворительных результатов применения ЭКМО у потенциальных реципиентов сердца являются: возраст старше 50 лет; проведение сердечно-легочной реанимации перед постановкой ЭКМО; выраженность полиорганных нарушений, соответствующая более 10 баллов по шкале SOFA на момент начала применения ЭКМО. Другими факторами неблагоприятного исхода при использовании ВА ЭКМО как предтрансплантационной МПК считают также высокий индекс массы тела, наличие грибковой инфекции и массивность трансфузионной терапии [84]. В 2004 г. Chen Y.S. и соавт. на основании собственного опыта предтрансплантационного применения ВА ЭКМО у 78 потенциальных реципиентов разработали шкалу оценки риска выполнения ТС и выявили основные факторы неблагоприятного исхода у данной категории больных: легочная дисфункция; наличие генерализованной инфекции; метаболические расстройства (лактат крови >3 ммоль/л); почечная дисфункция; высокий уровень креатинкиназы (более 10 000 Ед./л) (Risk Factor Screening Scale (RFSS) [85]. Пациенты с суммарным количеством баллов >7 имели неудовлетворительный прогноз.

В последнее время отмечено улучшение результатов ТС реципиентам с расширенными критериями, в том числе находившимся на предтрансплантационной МПК методом ВА ЭКМО. По данным группы трансплантации сердца, руководимой проф. А.О. Zuckermann из Университетской Клиники (Вена, Австрия), по мере накопления опыта улучшается результативность применения ЭКМО перед ТС [86]. За последние годы выживаемость реципиентов с предтрансплантационной ВА ЭКМО возросла с 31,2 до 62,5%.

Таким образом, применение временной МПК у многих потенциальных реципиентов сердца остается методом выбора при быстро прогрессирующих жизнеугрожающих расстройствах системного кровообращения, когда имплантация систем длительного моно- или бивентрикулярного обхода сопряжена с высоким риском. Выбор метода временной механической поддержки кровообращения определяется вариантом и выраженностью нарушений центральной гемодинамики и предполагаемыми сроками ее применения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Deschka H, Holthaus AJ, Sindermann JR et al. Can perioperative right ventricular support prevent postoperative right heart failure in patients with biventricular dysfunction undergoing left ventricular assist device implantation? *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2016; 30 (3): 619–626.
2. John R, Lee S, Eckman P, Liao K. Right ventricular failure – a continuing problem in patients with left ventricular assist device support. *J. Cardiovasc. Transl. Res.* 2010; 3: 604–611.
3. Cushing K, Kushnir V. Gastrointestinal Bleeding Following LVAD Placement from Top to Bottom. *Dig. Dis. Sci.* 2016; 61 (6): 1440–1447.
4. Robertson J, Long B, Koyfman A. The emergency management of ventricular assist devices. *Am. J. Emerg. Med.* 2016; 34 (7): 1294–1301.
5. Castel MA, Cartana R, Cardona D et al. Long-term outcome of high-urgency heart transplant patients with and without temporary ventricular assist device support. *Transplant. Proceeding.* 2012; 44: 2642–2644.
6. Barth E, Durand M, Heylbroeck C et al. Extracorporeal life support as a bridge to high-urgency heart transplantation. *Clin. Transplant.* 2012; 26: 484–488.
7. D'Alessandro C, Coldmar JI, Lebreton G et al. High-urgency waiting list for cardiac recipients in France: single-center 8-years experience. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2017; 51: 271–278.
8. Kantrowitz A. Experimental augmentation of coronary flow by retardation of the arterial pressure pulse. *Surgery.* 1953; 34 (4): 678–687.
9. Kapelios CJ, Terrovitis JV, Sisrfs P et al. Counterpulsation: a concept with remarkable past, an established present and challenging future. *Int. J. Cardiol.* 2014; 172: 318–325.
10. Moulopoulos SD, Topaz S, Kolff W. Diastolic balloon pumping (with carbon dioxide) in the aorta: a mechanical assistance to the failing circulation. *Am. Heart. J.* 1962; 63: 669–675.
11. Kantrowitz A, Tjonneland S, Krakauer J et al. Clinical experience with cardiac assistance by means of intra aortic phases shift balloon pump. *Trans. Am. Soc. Artif. Intem. Organs.* 1968; 63: 669–675.
12. Bregman D, Nichols AB, Weiss MB et al. Percutaneous intraaortic balloon insertion. *Am. J. Cardiol.* 1980; 46: 261–264.
13. Cohen M, Urban P, Christenson JT et al. Intra-aortic balloon pump in US and non-US center: results of Benchmark Registry. *Eur. Heart. J.* 2012; 33: 1763–1770.
14. Antman EM, Anbe DT, Armstrong PW et al. ACC/AHA guidelines for the management of patients with ST-elevation myocardial infarction – executive summary. *Circulation.* 2004; 110: 588–636.
15. Anderson JL, Adams CD, Antman EM et al. ACC/AHA guidelines for the management of patients with unstable angina/non ST-elevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.* 2007; 116: e148–e304.
16. Steg PG, James SK, Atar D et al. ESC guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *Eur. Heart. J.* 2012; 33: 2569–2619.
17. Вищукаев ВВ, Завгородний ВН, Попцов ВН, Шумаков ДВ. Механическая и медикаментозная поддержка



- кровообращения в хирургическом лечении постинфарктных аневризм левого желудочка. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2010; 4: 44–52. *Vicukaev VV, Zavgorodnij VN, Popcov VN, Shumakov DV*. Mekhanicheskaya i medikamentoznaya podderzhka krovoobrashcheniya v hirurgicheskom lechenii postinfarktnyh anevrizm levogo zheludochka. *Vestnik transplantologii i iskusstvennyh organov*. 2010; 4: 44–52.
18. *Шумаков ДВ, Попцов ВН, Саитгареев ПШ и др.* Гемодинамические и эхокардиографические эффекты превентивной внутриаортальной баллонной контрпульсации при прямой реваскуляризации миокарда у больных со стенозом ствола левой коронарной артерии. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2007; 1: 24–28. *Shumakov DV, Popcov VN, Saitgareev RSh i dr.* Gemodinamicheskie i ehkhokardiograficheskie ehffekty preventivnoy vnutriaortal'noj ballonnoj kontrpul'sacii pri pryamoj revaskulyarizacii miokarda u bol'nyh so stenozom stvola levoj koronarnoj arterii. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya hirurgiya*. 2007; 1: 24–28.
  19. *Dyub AM, Whitlock AP, Abouzahr LL et al.* Preoperative intra-aortic balloon pump in patients undergoing coronary bypass surgery; a systemic review and meta-analysis. *J. Card. Surg.* 2008; 23 (1): 79–86.
  20. *Lorusso R, Gelsamino S, Carella R et al.* Impact of prophylactic intra-aortic balloon counter-pulsation on postoperative outcomes in high-risk cardiac surgery patients: a multicenter, propensity-score analysis. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2010; 38 (5): 585–591.
  21. *Parissis H, Soo A, Al-Alao B.* Intra-aortic balloon pump (IABP): from the old trends and studies to the current «extended» indications of its use. *J. Cardiothorac. Surg.* 2012; Dec 11; 7: 128. doi: 10.1186/1749-8090-7-128.
  22. *Norkiene I, Ringaitiene D, Rucinskas K et al.* Intra-aortic balloon counterpulsation in decompensated cardiomyopathy patients: bridge to transplantation or assist device. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2007; 6: 66–70.
  23. *Gjesdal O, Gude E, Arora E et al.* Intra-aortic balloon counterpulsation as a bridge to heart transplantation does not impair long-term survival. *Eur. J. Heart. Fail.* 2009; 11 (7): 709–714.
  24. *Castleberry AW, DeVore AD, Southerland KW et al.* Assessing consequences of intraaortic balloon counterpulsation versus left ventricular assist devices at the time of heart transplantation. *ASAIO*. 2016; 62: 232–239.
  25. *Freed PS, Wasfie T, Zado B, Kantrowitz A.* Intraaortic balloon pumping for prolonged circulatory support. *Am. J. Cardiol.* 1988; 61: 554–557.
  26. *Mayer JH.* Subclavian artery approach for insertion of intraaortic balloon. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1978; 76: 61–63.
  27. *McBride LR, Miller LW, Nauheim KS, Pennigton DG.* Axillary artery insertion of an intra-aortic balloon pump. *Ann. Thorac. Surg.* 1989; 48: 874–875.
  28. *H'Doubler PB, H'Doubler WZ, Bien RC, Jansen DA.* A novel technique for intra-aortic balloon pump placement via the left axillary artery in patients awaiting cardiac transplantation. *Cardiovasc. Surg.* 2000; 8: 463–465.
  29. *Buchanan SA, Langenburg SE, Mauney MC et al.* Ambulatory intraaortic balloon counterpulsation. *Ann. Thorac. Surg.* 1994; 58: 1547–1549.
  30. *Cochran RP, Starkey TD, Panos AL et al.* Ambulatory intraaortic balloon pump use as bridge to heart transplant. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 74: 746–752.
  31. *Thiele H, Lauer B, Hambrecht R et al.* Reversal of cardiogenic shock by percutaneous left atrial-to-femoral arterial bypass assistance. *Circulation*. 2001; 104: 2917–2922.
  32. *Bruckner BA, Jacob LP, Gregoric ID et al.* Clinical experience with the Tandem Heart Percutaneous Centricular Assist Device. *Tex. Heart. Inst. J.* 2008; 35 (4): 447–450.
  33. *Indelchik GM, Simpson L, Civitello AB et al.* Use of the percutaneous left ventricular assist device in patients with severe refractory cardiogenic shock as a bridge to long-term left ventricular assist device implantation. *J. Heart. Lung. Transplant.* 2008; 27: 106–111.
  34. *Gregoric JD, Jacob LP, La Francesca S et al.* The Tandem Heart as a bridge to a long-term axial-flow left ventricular assist device (bridge to bridge). *Tex. Heart. Inst. J.* 2008; 35 (2): 125–129.
  35. *La Francesca S, Palanichamy N, Kar B et al.* First use of the Tandem Heart percutaneous left ventricular assist device as a short-term bridge to cardiac transplantation. *Tex. Heart. Inst. J.* 2006; 33 (4): 490–491.
  36. *Mandawat A, Rao SV.* Percutaneous mechanical circulatory support devices in cardiogenic shock. *Circ. Cardiovasc. Interv.* 2017; 10: e004337.
  37. *Шумаков ВИ, Хубутия МШ, Казаков ЭН.* Десятилетний опыт обхода левого желудочка при лечении острой сердечной недостаточности. *Трансплантология и искусственные органы*. 1997; 1: 20–21. *Shumakov VI, Hubutiya MSh, Kazakov EhN.* Desyatiletnij opyt obhoda levogo zheludochka pri lechenii ostroj serdechnoj nedostatochnosti. *Transplantologiya i iskusstvennye organy*. 1997; 1: 20–21.
  38. *Шумаков ВИ, Толпекин ВЕ, Шумаков ДВ.* Искусственное сердце и вспомогательное кровообращение. М., 2003: 102–176. *Shumakov VI, Tolpekin VE, Shumakov DV.* Iskusstvennoe serdce i vspomogatel'noe krovoobrashchenie. М., 2003: 102–176.
  39. *Adamson RM, Dembitsky WP, Reichman RT et al.* Mechanical support: assist or nemesis? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1989; 98: 915–921.
  40. *Curtis JJ, Walls JT, Schmaltz RA et al.* Improving clinical outcome with centrifugal mechanical assist for postcardiotomy ventricular failure. *J. Artif. Organs.* 1995; 19 (7): 761–765.
  41. *Nishida H, Koyanagi H.* Rotary blood flow: paracorporeal, implantable, percutaneous? *J. Artif. Organs.* 1997; 21 (7): 589–591.
  42. *Curtis JJ.* Centrifugal mechanical assist for postcardiotomy ventricular failure. *Sem. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994; 6: 140–146.
  43. *Pae WE, Miller CA, Mathews Y et al.* Ventricular assist devices for postcardiotomy cardiogenic shock. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1992; 104: 541–553.
  44. *Noon GP, Ball JW, Papaconstantinou HT.* Clinical experience with BioMedicus centrifugal ventricular support in 172 patients. *J. Artif. Organ.* 1995; 19: 756–760.

45. Nose Y, Kawahito K, Nakazawa T. Can we develop a non-pulsatile permanent blood pump? *J. Artif. Organs.* 1996; 20: 467–471.
46. Nakata K, Yoshikawa M, Takano T et al. Antithrombogenicity evaluation of a centrifugal blood pump. *Artif. Organs.* 2000; 24 (8): 667–670.
47. Takano T, Nakata K, Yoshikawa M et al. Development of an antithrombogenic and antitraumatic blood pump: the Gyro C1E3. *ASAIO. J.* 2000; 46: 123–127.
48. Шумаков ВИ, Толпекин ВЕ., Казаков ЭН и др. Первый клинический опыт двухэтапной трансплантации сердца через обход левого желудочка. *Трансплантология и искусственные органы.* 1997; 3: 4–6. *Shumakov VI, Tolpekin VE, Kazakov EhN i dr. Pervyj klinicheskiy opyt dvuhehtapnoj transplantacii serdca cherez obhod levogo zheludochka. Transplantologiya i iskusstvennyye organy.* 1997; 3: 4–6.
49. Шумаков ДВ. Механическая поддержка кровообращения в клинике. Дис. ... д. м. н. 2000. *Shumakov DV. Mekhanicheskaya podderzhka krovoobrashcheniya v klinike. Dis. ... d. m. n. 2000.*
50. Ichikawa S, Nose Y. Centrifugal blood pumps for various clinical needs. *J. Artif. Organs.* 2002; 26: 916–918.
51. Kehara H, Takano T, Trasaki T, Okada K. Biventricular support using a centrifugal pump in a 6 years old with fulminant myocarditis. *J. Artif. Organs.* 2017; 20: 166–169.
52. Santise G, Petrou M, Pepper JR et al. Levitronix as a short-term salvage treatment for primary graft failure after heart transplantation. *J. Heart. Lung. Transplant.* 2006; 25: 495–498.
53. Hoshi H, Shinshi T, Takanaki S. Third-generation blood pumps with mechanical noncontact magnetic bearing. *J. Artif. Organs.* 2006; 30: 324–338.
54. Robertis F, Birks EJ, Rogers P et al. Clinical performance with Centrimag short-term ventricular assist device. *J. Heart. Lung. Transplant.* 2006; 25: 181–186.
55. De Robertis F, Rogers P, Amrani M et al. Bridge to decision using the Levitronix CentriMag short-term ventricular assist device. *J. Heart. Lung. Transplant.* 2008; 27: 474–478.
56. Asama J, Shinshi T, Hoshi H et al. A compact highly efficient and low hemolytic centrifugal blood pump with a magnetically levitated impeller. *J. Artif. Organs.* 2006; 30: 160–167.
57. Shuhaiber JH, Jenkins D, Berman M et al. The Papworth experience with Levitronix CentriMag ventricular assist device. *J. Heart. Lung. Transplant.* 2008; 27: 158–164.
58. Haj-Yahia S, Birks EJ, Amrani M et al. Bridging patients after salvage from bridge to decision directly to transplant by means of prolonged support with the CentriMag short-term centrifugal pump. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009; 138: 227–230.
59. Ratcliffe MB, Bavaria JE, Wenger RK et al. Left ventricular mechanics of ejecting postischemic hearts during left ventricular circulatory assistance. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1991; 101: 245–255.
60. McCarthy PM, Savage RM, Fraser CD et al. Hemodynamic and physiological changes during support with an implantable left ventricular assist device. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1995; 109: 409–417.
61. Tsai FC, Marelli D, Laks H et al. Short-term bridge to heart transplant using the BVS 5000 external ventricular assist device. *Am. J. Transpl.* 2002; 2: 646–651.
62. Sung S-Y, Hsu P-S, Chen J-L et al. Prolonged use of Levitronix left ventricular assist device as a bridge to heart transplantation. *Acta Cardiol. Sin.* 2015; 31: 249–252.
63. Barlett RH, Isherwood J, Moss RA et al. A toroidal flow membrane oxygenator: four day partial bypass in dogs. *Surg.* 1969; 20: 152–153.
64. Barlett RH, Noyes BS Jr., Drinker PA. A simple reliable membrane oxygenator for organ perfusion. *J. Appl. Physiol.* 1970; 29 (5): 758–759.
65. Gillette JP, Bagniewski AM. Ten years of use of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in the treatment of acute respiratory insufficiency (ARI). *Trans. Am. Soc. Artif. Inern. Organs.* 1976; 22: 102–109.
66. Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ et al. Prolonged Extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome): Use of Bramson Membrane Lung. *N. Engl. J. Med.* 1972; 286: 629–634.
67. Barlett RH, Burns NE, Fog SW et al. Prolonged partial venoarterial bypass: physiologic, biochemical, and hematologic responses. *Surg. Forum.* 1972; 23: 178–180.
68. Barlett RH, Gazzaniga AB, Fong SW et al. Extracorporeal membrane oxygenator support for cardiopulmonary failure. Experience in 28 cases. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1977; 73 (3): 375–386.
69. Kittleson MM, Patel JK, Moriguchi JD et al. Heart transplant recipients supported with extracorporeal membrane oxygenation: outcomes from a single-center experience. *J. Heart. Lung. Transplant.* 2011; 30 (11): 1250–1256.
70. Yang HY, Lin CY, Tsai YT et al. Experience of heart transplantation from hemodynamically unstable brain-dead donors with extracorporeal support. *Clin. Transplant.* 2012; 26: 72–76.
71. Loisanche D, Hillion ML, Deleuze P et al. Extracorporeal circulation with membrane oxygenation as a bridge to transplantation in cardiac surgical patients. *Transplant. Proc.* 1987; 19 (5): 3786–3788.
72. Fux T, Svenarud P, Grinnemo KH et al. Extracorporeal membrane oxygenation as a rescue of intractable ventricular fibrillation and bridge to heart transplantation. *Eur. J. Heart. Fail.* 2010; 12 (3): 301–304.
73. Bigdeli AM, Deutsch M-A, Beiras-Fernandez A et al. ECMO after prolonged cardiopulmonary resuscitation as a successful bridge to immediate cardiac retransplant in a 6-year-old girl. *Experimental and clinical transplantation.* 2012; 10: 186–189.
74. Stehlik J, Edwards LB, Kucheryavaya AY et al. The Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: 29th official adult heart transplant report–2012. *J. Heart. Lung. Transplant.* 2012; 31: 1052–1064.
75. D'Alessandro M, Laali E, Barreda JL et al. Evolution of recipient and donor profiles in cardiac transplantation: single-centre ten-year experience. *Interactive Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2012; 15 (suppl. 2): S 92.

76. Chung JC, Tsai PR, Chou NK et al. Extracorporeal membrane oxygenation bridge to adult heart transplantation. *Clin. Transplant.* 2010; 24 (3): 375–380.
77. Wang SS, Ko WJ, Chen YS et al. Mechanical bridge with extracorporeal membrane oxygenation and ventricular assist device to heart transplantation. *Artif. Organs.* 2001; 25 (8): 599–602.
78. Di Russo GB, Clark BJ, Bridges ND et al. Prolonged extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to cardiac transplantation. *Ann. Thorac. Surg.* 2000; 69 (3): 925–927.
79. Gurbanov E, Meng X, Cui Y et al. Evaluation ECMO in adult cardiac transplantation: can outcomes of marginal donor hearts be improved? *J. Cardiovasc. Surg. (Torino).* 2011; 52 (3): 419–427.
80. Ganslmeier P, Phillipp A, Rupperecht L et al. Percutaneous cannulation for extracorporeal life support. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 59 (2): 103–107.
81. Fumagalli R, Bombino M, Borelli M et al. Percutaneous bridge to heart transplantation by venoarterial ECMO and transaortic left ventricular venting. *Inter. J. Artif. Organs.* 2004; 27 (5): 410–413.
82. Seib PM, Faulkner SC, Erickson CC et al. Blade and balloon atrial septostomy for left heart decompression in patients with severe ventricular dysfunction on extracorporeal membrane oxygenation. *Cather. Cardiovasc. Interv.* 1999; 46 (2): 179–186.
83. Hong KN et al. Who is high-risk recipients? Predicting mortality after heart transplant using pretransplant Donor and Recipient risk factors. *Ann. Thorac. Surg.* 2011; 92: 520–527.
84. BarZiv SM, McCrindle BW, West LJ et al. Outcomes of pediatric patients bridged to heart transplantation from extracorporeal membrane oxygenation support. *ASAIO J.* 2007; 53 (1): 97–102.
85. Chen YS, Ko WJ, Chi NH et al. Risk factor screening scale to optimize treatment for potential heart transplant candidates under extracorporeal membrane oxygenation. *Am. J. Transplant.* 2004; 4 (11): 1818–1825.
86. Groemmer M, Aliabadi AZ, Eskandary FA et al. Extracorporeal membrane oxygenation in cardiac transplantation: rescue or jinx? *Inter. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2012; 15 (suppl. 2): S 122.

Статья поступила в редакцию 16.10.2017 г.  
The article was submitted to the journal on 16.10.2017