

РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ИСКУССТВЕННОГО СЕРДЦА – УНИКАЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ КАРДИОЛОГИИ И ХИРУРГИИ

A.A. Loyt, Ye.G. Zvonaryov

DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL HEART CONCEPT – UNIQUE DIRECTION IN THE CARDIOLOGY AND SURGERY

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

² Всеволожская клиническая межрайонная больница, г. Всеволожск

В представленном обзоре изложено современное состояние концепции искусственного сердца. В настоящее время у больных применяют различные искусственные желудочки сердца, создающие в подавляющем большинстве случаев постоянный, а не пульсирующий, ток крови. Самые современные насосы имеют массу 100 г, и их размещают в полости перикарда. Во всем мире насосы были имплантированы более 25 тыс. больных. Половина больных живут с такими устройствами более года, а нередко – более 5 лет. У части таких пациентов в процессе лечения наступило полное выздоровление. Технология вспомогательного кровообращения очень перспективна у детей. В США и Европе ведутся открытые регистры больных с устройствами механической поддержки кровообращения.

Ключевые слова: механическая поддержка кровообращения, постоянный ток крови, искусственный левый желудочек сердца.

Review contents the history and current state of the problem of circulatory support. Weight of the last generation of assist device is less than 100 g. They are implanted in the cavity of the pericardium and provide a constant, not pulsating, flow of blood. In the world they have been used in more than 25 000 patients. Half of the patients alive more than 1 year, and some patients – more than 5 years. While rare, but some patients after implantation of an assist device the recovery was complete. This technology is perspective for children. In the United States and in Europe there are registers of the patients with the mechanically assisted circulatory support.

Key words: mechanically assisted circulatory support, continuous blood flow, left ventricle assist device.

УДК 616.12-021.58-089.843
doi 10.17223/1814147/58/06

Сегодня самым динамично развивающимся направлением хирургии является кардиохирургия. Она представлена множеством сложнейших и разнообразных открытых и эндоваскулярных операций при всех известных заболеваниях сердца. В ряду кардиохирургических вмешательств имплантация искусственных желудочков сердца и полностью искусственного сердца занимает особое уникальное место.

Еще 20 лет назад о таких операциях сообщали в мировых новостях, и только единичные клиники мира могли разработать и осуществить имплантацию искусственного желудочка сердца. Но за 20 лет сменилось пять поколений таких устройств, и сегодня больным в терминальной стадии сердечной недостаточности устанавливают портативный электрический насос для поддержки кровотока левого желудочка. Насос обеспечивает кровоток в объеме более 7 л/мин, а его масса уже не превышает 100 г. Более чем

25 тыс. больных в процессе лечения были успешно имплантированы искусственные желудочки сердца и даже полностью искусственное сердце.

Ежегодно потребность в таких устройствах испытывают более 1 млн больных, находящихся в терминальной стадии сердечной недостаточности. Многим из них до недавнего времени могла помочь только трансплантация сердца. Но у этой уникальной операции имеется масса проблем: недостаток донорских органов, длительное ожидание трансплантации, осложнения пожизненной иммуносупрессии и полной денервации донорского сердца. Кроме того, у 20% больных имеются самые разные противопоказания к трансплантации сердца.

Таким образом, в системах механической поддержки кровообращения нуждаются больные, которым будет выполняться трансплантация сердца. Это так называемый «мост к

трансплантации» [14]. Первоначально это и было единственным показанием к использованию искусственного желудочка сердца. Сегодня такие показания отмечаются не более чем у половины больных, и их число неуклонно снижается. У 20% больных с искусственными желудочками сердца эти насосы были установлены в качестве окончательной терапии.

Такие устройства незаменимы при кардиогенном шоке, а также остром инфаркте миокарда, когда в течение нескольких дней больному необходима адекватная поддержка кровообращения. Операции на сердце при ишемической болезни или приобретенном пороке сердца также могут потребовать экстренной механической поддержки с помощью искусственного желудочка сердца вследствие острой недостаточности сократительной функции миокарда в послеоперационном периоде и даже на операционном столе. Еще важнее иметь в арсенале искусственный желудочек сердца при оперативном лечении детей с врожденными пороками сердца. Большинство детей в возрасте до 6 лет не в состоянии перенести очень тяжелую реконструктивную операцию.

В процессе лечения самых разных заболеваний сердца может возникнуть необходимость имплантации устройства механической поддержки кровообращения – искусственного желудочка сердца. В большинстве случаев это устройство будет работать короткое время, а у некоторых больных, возможно, и долгие годы.

В 1987 г. профессором Роландом Хетцером (Германия) было впервые имплантировано искусственное сердце. Впоследствии именно Берлинский центр кардиохирургии стал ведущим учреждением в мире по имплантации устройств механической поддержки кровообращения, где имплантируется более 200 таких устройств в год. Сегодня центр, который до 2015 г. возглавлял профессор Р. Хетцер, обладает опытом лечения более 2600 больных, которым были установлены искусственные желудочки сердца, и более 50 операций по вживлению искусственного сердца [8].

Первоначально принцип работы устройств был основан на пневматической, а затем на электрической пульсации искусственных желудочков сердца. В первом случае пневматические магистрали проходили через разрезы на брюшной стенке, и больной возил за собой тележку на колесах с компрессором массой более 20 кг. При этом сами искусственные желудочки весили более 1 кг. Несмотря на такое неудобство, устройства были успешно имплантированы даже больным старше 70 лет.

Сначала искусственные желудочки сердца располагались только рядом с телом, затем внутри тела под диафрагмой. Часть больных прожи-

ли с пульсирующими искусственными желудочками сердца более 4 лет. В Берлинском центре кардиохирургии пульсирующие желудочки сердца были установлены более 900 раз.

В 1998 г. впервые в мире был имплантирован искусственный желудочек с аксиальным насосом постоянного тока крови типа DeVakey фирмы MicroMed (США). Этот насос размером с шариковую ручку массой всего 93 г обеспечивал кровотоком до 7 л крови в минуту. В Берлине профессором Р. Хетцером в 2002 г. был впервые имплантирован аксиальный сердечный насос INCOR, который впоследствии применялся более 200 раз.

За 10 лет насосы постоянного тока крови вытеснили пульсирующие устройства. Появились насосы постоянного тока с аксиальным (продольным) и с центробежным (круговым) током крови для короткого и длительного использования. Малые размеры этих устройств позволили размещать их в грудной полости, а насосы последнего поколения – уже непосредственно в полости перикарда. Из тела больного выходят только электрические провода, соединенные с блоком управления – контроллером, который больной носит на поясе (рис. 1–3). В двух сумках через плечо находятся аккумуляторы массой не более 2,5 кг. Потребляемая мощность насоса, который обеспечивает кровоток 5 л/мин, не превышает 10 Вт.

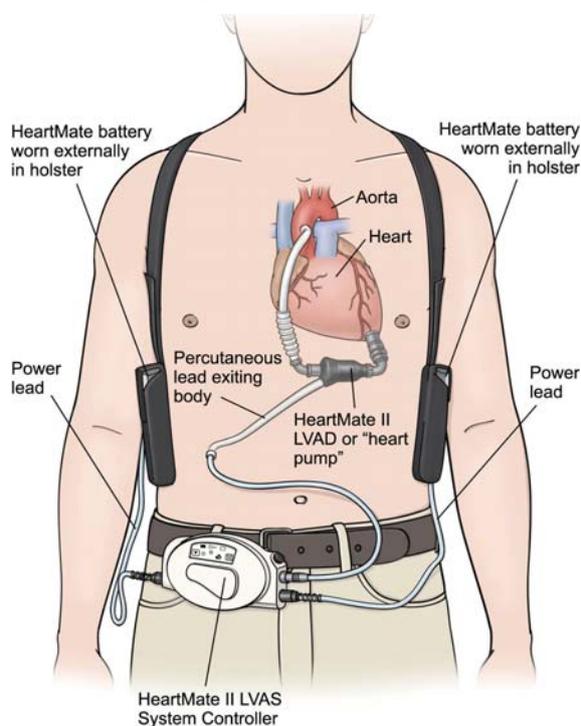


Рис. 1. Схема имплантации левого искусственного желудочка сердца аксиального типа Heart Mate II фирмы Thoratec [15]. На поясе фиксировано контрольное устройство, а на плечах – аккумуляторные батареи



Рис. 2. Комплект механической поддержки кровообращения фирмы Thoratec: новейший насос центробежного типа Heart Mate III, портативный носимый контроллер и стационарный дисплей



Рис. 3. Комплект механической поддержки кровообращения фирмы HeartWare, аккумуляторные батареи, носимый контроллер и стационарный дисплей

Система вспомогательного кровообращения с аксиальным насосом Heart Mate II фирмы Thoratec (США) (рис. 4) является наиболее распространенной в мире, была установлена уже более 18 тыс. раз [15]. В системе имеется два сосудистых протеза: к верхушке сердца и к дуге аорты.



Рис. 4. Самый распространенный искусственный желудочек сердца – устройство аксиального типа Heart Mate II фирмы Thoratec

Аксиальный искусственный левый желудочек Heart Assist 5 (рис. 5) фирмы MicroMed счита-

ется наиболее совершенным. Этот насос массой 72 г, диаметром с монету в 1 Евро относят к 5-му поколению подобных устройств. Он снабжен электронной системой регистрации параметров кровотока.

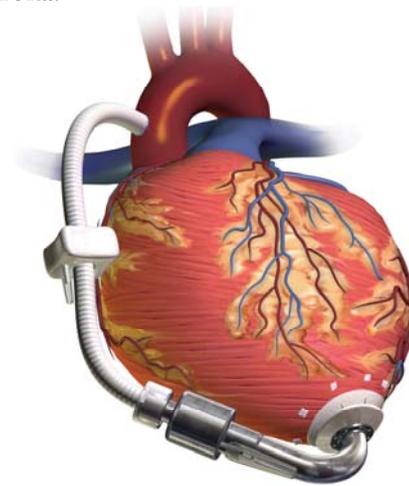


Рис. 5. Левый искусственный желудочек сердца аксиального типа 5-го поколения Heart Assist 5 фирмы MicroMed. На сосудистом протезе расположено устройство регистрации параметров кровотока

Центробежный насос HVAD (рис. 6, 7) фирмы HeartWare является самым часто используемым устройством в Германии [12]. Его устанавливают более чем в 60% случаев. Этот очень компактный насос соединяется коннектором с верхушкой сердца без применения сосудистого протеза, и имеется только один сосудистый протез к дуге аорты. У больных с бивентрикулярной недостаточностью имплантируют внутри перикарда два центробежных насоса типа HVAD, суммарная масса которых не превышает 200 г.



Рис. 6. Устройство центробежного типа HVAD фирмы HeartWare

Насос был разработан в 2009 г. К концу 2014 г. в мире он был имплантирован 7700 раз, а за 2014 г. – 2751 раз. За три квартала 2015 г. этот насос был применен уже у 2183 больных, в том числе в 3-м квартале – 697 раз. Половина таких устройств устанавливается в США, вторая половина – во всех остальных странах мира.



Рис. 7. Левый искусственный желудочек сердца центробежного типа HVAD фирмы HeartWare. Устройство не требует наложения сосудистого протеза к сердцу, а присоединяется непосредственно к верхушке сердца. Сосудистый отводящий протез фиксируется к дуге аорты

В случае выздоровления больного с искусственным желудочком сердца на место отверстия в верхушке сердца устанавливается специальная титановая заглушка. Это приспособление позволяет в экстренном порядке установить больному искусственный левый желудочек сердца.

Миниатюризация подобных устройств позволила создать устройства для частичной поддержки кровообращения. Самая распространенная конструкция – Circulite имеет размер с пальчиковую батарейку (рис. 8). Насос размещается в сосудистом протезе между левым предсердием и левой подключичной артерией.

В настоящее время разрабатывают устройства следующего поколения. В 2012 г. на стадии клинических испытаний находились более 10 различных устройств, таких как MVAD, Heart Mate III, Heart Mate X, Longhorn и др. Отличительными особенностями этих устройств является миниатюрные размеры и масса менее 50 г, и совершенно удивительные конструкции. Миниатюрный центробежный насос Heart Mate III фирмы Thoratec в Европе устанавливается больным, начиная с 2014 г.



Рис. 8. Новейшая конструкция Circulite, размером с пальчиковую батарейку, для неполной поддержки кровообращения

Аксиальный насос MVAD фирмы HeartWare, также как и насос HVAD этой же фирмы, фиксируется без приносящей канюли непосредственно к верхушке сердца, но лопасти находятся в цилиндрической части насоса внутри сердца, а сосудистый протез сделан из специальной армированной пластмассы. Другая модель насоса MVAD располагается в перикарде. Его принимающая канюля проводится через ушко правого предсердия, межпредсердную перегородку и левое предсердие в полость левого желудочка, а короткий армированный сосудистый протез подшивается к дуге аорты.

Самое неожиданное устройство – Longhorn фирмы HeartWare – вообще не содержит сосудистого протеза (рис. 9). Устройство устанавливается через разрез верхушки сердца, а сам длинный насос цилиндрической формы размещается в левом желудочке, области аортального клапана и в восходящей аорте. Таким образом, кровь поступает непосредственно из левого желудочка в восходящую аорту. Насос фиксируется только к верхушке сердца, где из него выходят все управляющие провода. Все устройства 6-го поколения позволяют использовать малоинвазивные способы их установки без стернотомии. Считается, что не менее 1 млн кардиологических больных нуждаются в лечении с помощью такой поддержки кровообращения.

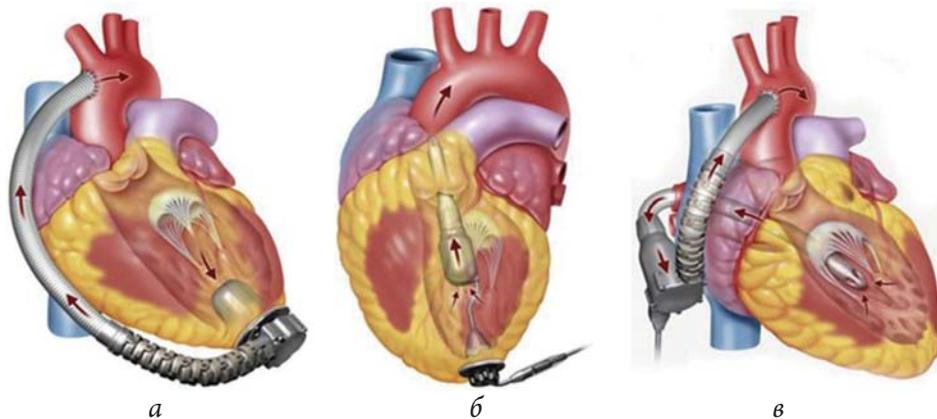


Рис. 9. Три новейших конструкции фирмы HeartWare: а – миниатюрный аксиальный насос MVAD; б – первый полностью имплантируемый в сердце насос Longhorn; в – насос MVAD с подключением через правое предсердие

На сегодняшний день искусственные желудочки сердца устанавливают больным в 22 странах мира, а число таких операций уже более чем вдвое превышает число трансплантаций сердца.

Учитывая исключительную важность данной технологии для медицины, в США и Европе были созданы регистры по учету больных. Американский регистр механической поддержки кровообращения INTERMACS (Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support) ведется непрерывно с июня 2006 г. Американский регистр издает ежеквартальный отчет, в который вносят свои результаты лечения больных 158 госпиталей США и Канады. Согласно данным отчета от 31 марта 2015 г., в США и Канаде было имплантировано 14 039 механических устройств поддержки кровообращения, в том числе 6 629 устройств – больным в возрасте от 60 до 79 лет, и 82 устройства – больным старше 80 лет [9]. Сегодня в США и Канаде имплантируется более 2 500 искусственных желудочков сердца в год. В Европе действует Европейский регистр механической поддержки кровообращения – EUROMACS (European Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support) [4], и издается ежегодный статистический отчет.

Самым сложным устройством механической поддержки кровообращения является, без сомнения, полностью искусственное сердце ТАН, в котором используют только пульсирующие камеры. Сегодня в клинике применяют только модель CardioWest ТАН фирмы Syncardia (США) (рис. 10).

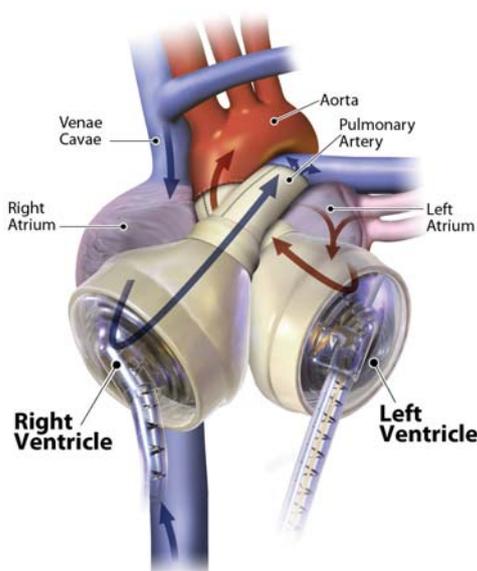


Рис. 10. Искусственное сердце CardioWest ТАН фирмы Syncardia

Для любой, даже самой сильной клиники, очень сложно приступить к освоению этой технологии и начать имплантировать искусственные желудочки больным. Для решения этой

проблемы используют две системы эндоваскулярного вспомогательного кровообращения (PVAD) – Impella и Tandem Heart (рис. 11, 12).

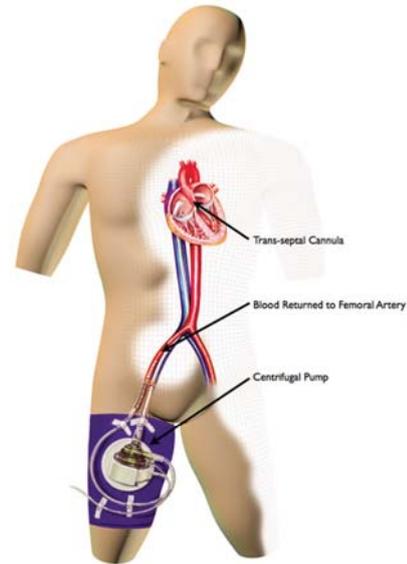


Рис. 11. Эндоваскулярная система Tandem Heart фирмы Levitronix (сегодня Thoratec), размещается на бедре. Отводящий катетер проводится через нижнюю полую вену, перфорирует межпредсердную перегородку и устанавливается в левое предсердие, а приводящий катетер – в бедренную артерию

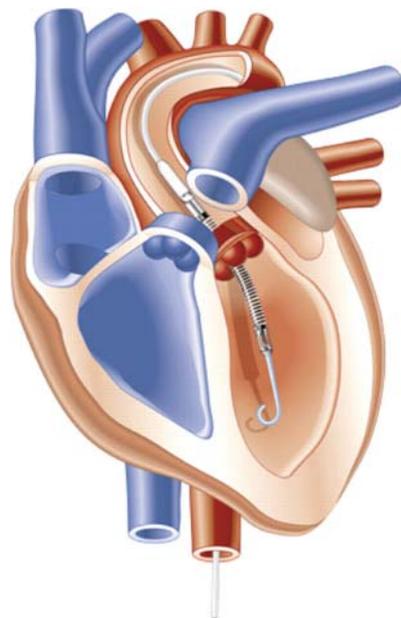


Рис. 12. Вращающаяся спираль на катетере Impella фирмы Abiomed проведена в левый желудочек. Impella – первая эндоваскулярная система механической поддержки кровообращения

Насос Impella фирмы Abiomed – это вращающаяся спираль на катетере, диаметром 2,5 мм, которая обеспечивает постоянный ток крови со скоростью до 5 л/мин. Катетер со спиралью проводится в левый желудочек и находится там в течение короткого времени. Можно

установить устройства и в два желудочка одновременно. Эффективность и безопасность насоса Impella подтверждена опытом работы 2000 специалистов из 910 госпиталей США. Судя по информации фирмы Abiomed, к июню 2014 г. только в США было успешно установлено 20 тыс. устройств Impella, а к концу 2015 г. – 25 тыс. Считается, что насос Impella может быть установлен в течение 5 мин [3].

Tandem Heart фирмы Levitronix (в настоящее время Thoratec) – это экстракорпоральная эндоваскулярная система. Насос устанавливается вне тела больного. Приводящий катетер проводится через бедренную вену в нижнюю полую вену. Затем через прокол межпредсердной перегородки принимающая канюля размещается в левом предсердии. Отводящий катетер проводится через бедренную артерию ретроградно и его окончание устанавливается в области бифуркации брюшной аорты. Понятно, что окончание отводящего катетера можно разместить вплоть до восходящей аорты. Фирма Thoratec с марта 2013 г. успешно применяет свою вращающуюся спираль в катетере, наподобие Impella. Это устройство называется Heart Mate PNP (рис. 13).

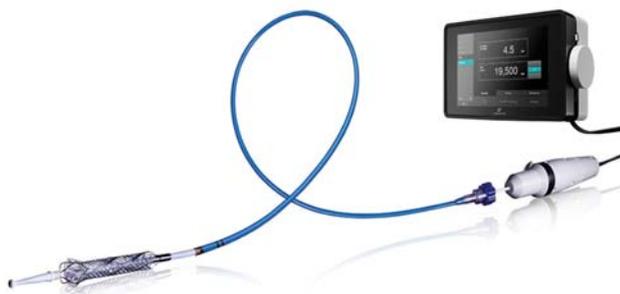


Рис. 13. Вращающаяся спираль на катетере Heart Mate PNP фирмы Thoratec. Контрольное устройство показывает 19 500 оборотов и 4,5 л/мин

Применение систем эндоваскулярного вспомогательного кровообращения стало настолько привычным, что международный учет таких вмешательств не ведется. Неоспоримое преимущество этих устройств заключается в технической возможности очень быстро удалить их из организма без существенных последствий. Это означает, что данные эндоваскулярные системы можно применять во всех больницах, где имеется отделение кардиохирургии. Широкое применение вспомогательного кровообращения позволит персоналу освоить такие устройства в клинике, отработать особенности ведения больных и, прежде всего, обеспечение кровообращения без тромбозов и кровотечений.

В мире сегодня применяются четыре термина, указывающие на цель имплантации искусственных желудочков. Имплантация в качестве

окончательной терапии – destination therapy, в качестве моста к трансплантации – bridge to transplant, в качестве моста к выздоровлению – bridge to recovery, и в неотложной терапии у больных, ранее не страдавших заболеваниями сердца – rescue therapy. Сегодня с целью окончательной терапии искусственные желудочки сердца были установлены в США 5084 раза.

Общеприняты международные обозначения имплантируемых устройств. LVAD (left ventricle assist device) – левый искусственный желудочек сердца; BVAD (biventricular assist device) – два искусственных желудочка сердца; TAH (total artificial heart) – полное искусственное сердце; RVAD (right ventricle assist device) – правый искусственный желудочек сердца; PVAD (percutaneous ventricular assist device) – чрескожный вспомогательный желудочек.

По данным регистра INTERMACS, к сентябрю 2015 г. в США и Канаде было имплантировано 12 990 устройств LVAD, 736 парных устройств BVAD и 311 полных искусственных сердец TAH (табл. 1) [9]. Один правый искусственный желудочек сердца обычно не устанавливают, и статистика таких имплантаций не ведется.

Таблица 1

Результаты имплантации устройств механической поддержки кровообращения в США (INTERMACS, 2015)

Система	Кровоток	Всего	Умерли
LVAD	постоянный	12374	3291
LVAD	пульсация	616	237
BVAD	постоянный	394	184
BVAD	пульсация	342	132
TAH	пульсация	311	91

К настоящему времени получены феноменальные результаты выживаемости больных. Годичная выживаемость больных с левым желудочком сердца достигла 81%, а при использовании полностью искусственного сердца – 58%.

Опыт применения искусственных желудочков сердца подтвердил ранние предположения ученых, что для всех органов, включая головной мозг и почки, непрерывный поток крови является приемлемым и полноценным. В связи с этим пульсирующие искусственные желудочки сердца стали устанавливать в исключительных случаях. В США и Канаде за 10 лет, включая 2014 г., было установлено в общей сложности более 900 пульсирующих желудочков сердца. За 2015 г. имплантировано лишь 27 таких устройств.

Пульсирующее устройство применяется только в варианте полностью искусственного сердца. Многолетние наблюдения показали, что выживаемость больных в течение двух лет при

имплантации полностью искусственного сердца выше, чем при имплантации двух пульсирующих желудочков.

Удивительно, но Америка не публикует данные о типах имплантируемых устройств и не сообщает сведений по применению искусственных желудочков у детей. Все сведения регистра касаются больных старше 19 лет.

Только сейчас, с накоплением огромного клинического опыта, появилась возможность применить искусственные желудочки сердца у детей. Чаще всего применяют экстракорпоральные системы Pediatric Berlin Heart Excor, и даже у новорожденных с массой тела 2 кг. В мире уже выполнено более 900 операций, и больше всего в Берлине, в центре профессора Р. Хетцера.

Новейшие устройства для детей обеспечивают постоянный ток крови и размещаются внутри тела. Система Pedirump – это два длинных ротора в тонких цилиндрах. Устанавливается она в двухжелудочковой версии (BVAD) от правого предсердия – в легочный ствол, и от верхушки сердца – в восходящую аорту. Можно через разрез аорты и легочного ствола провести оба цилиндра с роторами непосредственно в желудочки.

Система PediaFlow обеспечивает кровоток от 0,3 до 1,5 л в минуту и представляет собой миниатюрный цилиндр размером с батарейку AA, вставленный в сосудистый протез от верхушки сердца до восходящей аорты.

Ротор в цилиндре Jarvik 2000 вставляется непосредственно через верхушку сердца в левый желудочек (рис. 14). Сосудистый протез направляется от верхушки сердца до нисходящей аорты ниже легочного ствола [16].

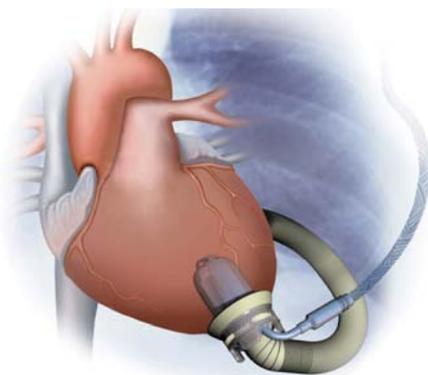


Рис. 14. Миниатюрный левый желудочек сердца Jarvik 2000

Эти разработки чрезвычайно важны при лечении детей с врожденными пороками сердца. Только при наличии искусственного желудочка собственное сердце маленького ребенка в состоянии перенести тяжелейшую операцию реконструкции без необходимости обеспечивать насосную функцию.

На первом этапе клинического применения искусственных желудочков сердца было очень много тяжелых осложнений. Они связаны, прежде всего, с инфицированием толстых шлангов, через которые подавался воздух в пневматические устройства вспомогательного кровообращения. Кроме того, осталась нерешенной проблема венозного возврата, которая неизбежно приводила к системным расстройствам периферического сосудистого русла, массивным тромбозам и кровотечениям.

При переходе технологии к миниатюрным устройствам постоянного тока крови сразу резко повысилась эффективность всего лечения, и больные стали жить с этими устройствами уже в течение многих лет. При последующей трансплантации сердца был получен впечатляющий кумулятивный эффект. В 2014 г. фирма Thoratec сообщила данные о сроках жизни пациентов с самым массовым устройством Heart Mate II LVAS (см. рис. 4), которое было установлено по всему миру более 18 тыс. раз. Свыше 9500 больных прожили с таким устройством более 1 года, а один больной – более 10 лет.

Насосная функция искусственного желудочка сердца сегодня настолько высока, что многие больные возвращаются к активной трудовой деятельности. Уже сегодня у 35% больных имплантация устройств механической поддержки кровообращения позволила отказаться у них от трансплантации сердца. Таким образом, применение искусственных желудочков сердца может явиться хорошей альтернативой трансплантации сердца.

Таблица 2

Срок жизни больных с устройством Heart Mate II LVAS (Thoratec, 2014)

Срок жизни с искусственным левым желудочком	Число больных
Более 1 года	4802
Более 2 лет	2867
Более 3 лет	1500
Более 4 лет	700
Более 5 лет	300
Более 6 лет	137
Более 7 лет	54
Более 8 лет	15

Следует учесть, что при трансплантации сердца три проблемы никогда не найдут своего адекватного решения. Во-первых, постоянный процесс отторжения донорского органа. Во-вторых, постоянный прием иммунодепрессантов, оказывающих крайне негативное действие на все органы и системы. В-третьих, полная денервация донорского сердца, которая постепенно

превращает сильный мышечный орган в бесформенный нефункциональный мешок. Ни одной из этих проблем мы не встречаем при использовании искусственных желудочков сердца.

Главной проблемой ведения больных с искусственными желудочками сердца остаются тромбозы и кровотечения, проблемы свертывания крови. Представляется, что решение кроется в совершенствовании синтетического сосудистого протеза, в который вставляется кровяной насос. Так как у части больных имеется аллергия на определенные синтетические материалы, то именно она и вызывает тромбирование имплантированного устройства.

Совершенно неожиданным эффектом имплантации искусственного левого желудочка сердца стало полное выздоровление больных. Такой эффект наблюдается не менее чем у 10% больных. В течение 12 мес работы искусственно-го желудочка сердце у этих больных уменьшает-

ся до нормальных размеров. После удаления искусственного желудочка сердце в течение многих лет сохраняет нормальные размеры и приемлемую сократительную функцию. Сегодня это направление считается самым перспективным, так как меняет существующие представления о течении заболеваний сердца и показывает совершенно новые возможности хирургии. Раньше невозможно было представить, что хирургия может избавить больного от болезни и при этом сохранить больной орган, сделав его здоровым.

Таким образом, уникальная концепция искусственного сердца к сегодняшнему дню превратилась в основное средство лечения больных тяжелой сердечной недостаточностью. Эта технология открыла выдающиеся перспективы в лечении больных с врожденными и приобретенными пороками сердца, и основной патологии современности – ишемической болезни сердца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Готье С.В., Иткин Г.П., Шемакин С.Ю. и др. Первый опыт клинического применения отечественного аппарата вспомогательного кровообращения на базе имплантируемого осевого насоса для двух-этапной трансплантации сердца // Вестник трансплантации и искусственных органов. – 2013. – № 3. – С. 92–122.
2. Cabrera A.G., Sundareswaran K.S., Samayoa A.X. et al. Outcomes of pediatric patients supported by the Heart Mate II left ventricular assist device in the United States // J. Heart Lung Transplant. – 2013. – № 32 (11). – P. 1107–113.
3. Casassus F., Corre J., Leroux L. et al. The use of Impella 2.5 in severe refractory cardiogenic shock complicating an acute myocardial infarction // J. Intervent. Cardiol. – 2015. – № 28 (1). – P. 41–50.
4. De By T.M., Mohacsi P., Gummert J. et al. The European Registry for Patients with Mechanical Circulatory Support (EUROMACS): first annual report // Eur. J. Cardiothorac. Surg. – 2015. – № 47 (5). – P. 770–776.
5. Emin A., Rogers C.A., Parameshwar J. et al. Trends in long-term mechanical circulatory support for advanced heart failure in the UK // Eur. J. Heart Fail. – 2013. – № 15 (10). – P. 1185–1193.
6. Englberger L., Reineke D.C., Martinelli M.V. et al. Ventricular assist device – possibilities of long-term mechanical circulatory support // Ther. Umsch. – 2015. – № 72 (8). – P. 505–511.
7. Frazier O.H. Mechanical circulatory assist device development at the Texas Heart Institute: a personal perspective // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 2014. – № 147 (6). – P. 1738–1744.
8. Hetzer R., Miera O., Photiadis J. et al. Heart transplantation after longest-term support with ventricular assist devices // Ann. Thorac. Surg. – 2014. – № 98 (5). – P. 1814–1815.
9. INTERMACS. Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support. Quarterly Statistical Report. 2015 Q1. – Birmingham, USA. – 2015. – 56 p.
10. Kenleigh D., Edens R.F., Bates M.J. et al. Use of Heart Ware Ventricular Assist System for systemic ventricular support of a pediatric patient after Mustard procedure // World J. Pediatr. Congenit. Heart Surg. – 2015. – № 6 (2). – P. 339–341.
11. Kirklin J.K., Naftel D.C., Pagani F.D. et al. Long-term mechanical circulatory support (destination therapy): on track to compete with heart transplantation? // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 2012. – № 144 (3). – P. 584–603.
12. Krabatsch T., Potapov E., Soltani S. et al. Ventricular long-term support with implantable continuous flow pumps: on the way to a gold standard in the therapy of the terminal heart failure // Herz. – 2015. – № 40 (2). – P. 231–239.
13. Mancini D., Colombo P.C. Left Ventricular Assist Devices: A Rapidly Evolving Alternative to Transplant // J. Am. Coll. Cardiol. – 2015. – № 65 (23). – P. 2542–2555.
14. Pozzi M., Giraud R., Tozzi P. et al. Long-term continuous-flow left ventricular assist devices (LVAD) as bridge to heart transplantation // J. Thorac. Dis. – 2015. – № 7 (3). – P. 532–542.
15. Stulak J.M., Griffith K.E., Nicklas J.M. et al. The use of the Heart Ware HVAD for long-term right ventricular support after implantation of the Heart Mate II device // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 2011. – № 142 (3). – P. 140–142.

16. Zucchetta F., Tarzia V., Bottio T. The Jarvik-2000 ventricular assist device implantation: how we do it // *Ann. Cardiothorac. Surg.* – 2014. – № 3 (5). – P. 520–531.
17. Wu L., Weng Y.G., Dong N.G. et al. Outcomes of HeartWare Ventricular Assist System support in 141 patients: a single-centre experience // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2013. – № 44 (1). – P. 139–141.

REFERENCES

1. Gautier S.V., Itkin G.P., Shemakin S.Yu. et al. Pervyj opyt klinicheskogo primeneniya otechestvennogo apparata vspomogatel'nogo krovoobrashheniya na baze implantiruemogo osevogo nasosa dlya dvuhetapnoy transplantacii serdca [The first experience in clinical application of domestic circulatory support device on basis of implantable axial pump for two stage heart transplantation]. *Vestnik transplantacii i iskusstvennyh organov – Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*, 2013, no. 3, pp. 92–122 (in Russian).
2. Cabrera A.G., Sundareswaran K.S., Samayo A.X. et al. Outcomes of pediatric patients supported by the HeartMate II left ventricular assist device in the United States. *J. Heart Lung Transplant.*, 2013, no. 32 (11), pp. 1107–1113.
3. Casassus F., Corre J., Leroux L. et al. The use of Impella 2.5 in severe refractory cardiogenic shock complicating an acute myocardial infarction. *J. Intervent. Cardiol.*, 2015, no. 28 (1), pp. 41–50.
4. De By T.M., Mohacsi P., Gummert J. et al. The European Registry for Patients with Mechanical Circulatory Support (EUROMACS): first annual report. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*, 2015, no. 47 (5), pp. 770–776.
5. Emin A., Rogers C.A., Parameshwar J. et al. Trends in long-term mechanical circulatory support for advanced heart failure in the UK. *Eur. J. Heart Fail.*, 2013, no. 15 (10), pp. 1185–1193.
6. Englberger L., Reineke D.C., Martinelli M.V. et al. Ventricular assist device – possibilities of long-term mechanical circulatory support. *Ther. Umsch.*, 2015, no. 72 (8), pp. 505–511.
7. Frazier O.H. Mechanical circulatory assist device development at the Texas Heart Institute: a personal perspective. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 2014, no. 147 (6), pp. 1738–1744.
8. Hetzer R., Miera O., Photiadis J. et al. Heart transplantation after longest-term support with ventricular assist devices. *Ann. Thorac. Surg.*, 2014, no. 98 (5), pp. 1814–1815.
9. INTERMACS. *Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support. Quarterly Statistical Report. 2015 Q1*. Birmingham, USA, 2015. 56 p.
10. Kenleigh D., Edens R.F., Bates M.J. et al. Use of Heart Ware Ventricular Assist System for systemic ventricular support of a pediatric patient after Mustard procedure. *World J. Pediatr. Congenit. Heart Surg.*, 2015., no. 6 (2), pp. 339–341.
11. Kirklin J.K., Naftel D.C., Pagani F.D. et al. Long-term mechanical circulatory support (destination therapy): on track to compete with heart transplantation? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 2012, no. 144 (3), pp. 584–603.
12. Krabatsch T., Potapov E., Soltani S. et al. Ventricular long-term support with implantable continuous flow pumps: on the way to a gold standard in the therapy of the terminal heart failure. *Herz.*, 2015, no. 40 (2), pp. 231–239.
13. Mancini D., Colombo P.C. Left Ventricular Assist Devices: A Rapidly Evolving Alternative to Transplant. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2015, no. 65 (23), pp. 2542–2555.
14. Pozzi M., Giraud R., Tozzi P. et al. Long-term continuous-flow left ventricular assist devices (LVAD) as bridge to heart transplantation. *J. Thorac. Dis.*, 2015, no. 7 (3), pp. 532–542.
15. Stulak J.M., Griffith K.E., Nicklas J.M. et al. The use of the Heart Ware HVAD for long-term right ventricular support after implantation of the Heart Mate II device. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 2011, no. 142 (3), pp. 140–142.
16. Zucchetta F., Tarzia V., Bottio T. The Jarvik-2000 ventricular assist device implantation: how we do it. *Ann. Cardiothorac. Surg.*, 2014, no. 3 (5), pp. 520–531.
17. Wu L., Weng Y.G., Dong N.G. et al. Outcomes of HeartWare Ventricular Assist System support in 141 patients: a single-centre experience. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*, 2013, no. 44 (1), pp. 139–141.

Поступила в редакцию 15.06.2016
Утверждена к печати 22.08.2016

Авторы:

Лойт Александр Александрович – д-р мед. наук, профессор кафедры факультетской хирургии СПбГУ (г. Санкт-Петербург).

Звонарёв Евгений Геннадиевич – зав. отделением онкологии поликлиники Всеволожской клинической межрайонной больницы (г. Всеволожск).

Контакты:

Лойт Александр Александрович

тел.: 8 (906) 259-29-13

e-mail: a.loyt@mail.ru