

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕНТОВ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ СЕРДЦА

Д. К. Шишкова*, Е. А. Овчаренко, В. И. Ганюков, А. В. Нохрин, Ю. А. Кудрявцева

«Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»,
Кемерово, Российская Федерация

Врожденные пороки сердца (ВПС) составляют почти половину врожденных аномалий у пациентов педиатрической группы. Существующие методики хирургической коррекции ВПС нельзя назвать удовлетворительными. Стентирование является классическим примером малоинвазивных вмешательств, позволяющих решить вопросы, связанные с лечением врожденных пороков развития сердечно-сосудистой системы. В обзоре литературы рассмотрены некоторые формы ВПС, коррекция которых проводится методом стентирования, а также представлены перспективы применения биodeградируемых стентов.

Ключевые слова: врожденные пороки сердца, стенты, тетрада Фалло, коарктация аорты, стеноз легочной артерии, стеноз легочных вен

Конфликт интересов: авторы не заявили о конфликте интересов

Для цитирования: Шишкова Д. К., Овчаренко Е. А., Ганюков В. И., Нохрин А. В., Кудрявцева Ю. А. Применение стентов для коррекции врожденных пороков сердца // Сибирский медицинский журнал. — 2017. — Т. 32, № 3. — С. 35–42. DOI: 10.29001/2073-8552-2017-32-3-35-42

STENTS AS AN OPTION FOR THE CORRECTION OF CONGENITAL HEART DISEASE

D. K. Shishkova*, E. A. Ovcharenko, V. I. Ganyukov, A. V. Nokhrin, Yu. A. Kudryavtseva

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation

Congenital heart disease (CHD) accounts for nearly a half of the congenital anomalies in pediatric patients. However, the available methods of surgical correction for CHD are inefficient. Stenting as a minimally invasive procedure and an efficient intervention has been suggested as a promising method for CHD treatment. This review discusses the efficacy of stenting in patients with distinct forms of CHD.

Keywords: congenital heart disease, stents, Fallot tetralogy, coarctation of the aorta, pulmonary artery stenosis, pulmonary vein stenosis

Conflict of interest: the authors did not declare a conflict of interest

For citation: Shishkova D. K., Ovcharenko E. A., Ganyukov V. I., Nokhrin A. V., Kudryavtseva Yu. A. Stents as an Option for the Correction of Congenital Heart Disease // Siberian Medical Journal. — 2017. — Vol. 32, № 3. — P. 35–42. DOI: 10.29001/2073-8552-2017-32-3-35-42

Введение

ВПС приводят к высокой инвалидизации и смертности среди детей, особенно первого года жизни [1, 2]. Согласно мировой статистике, ежегодно на 1000 родившихся приходится 4–12 детей с ВПС [2]. В 2014 г. ВПС составили 44,4% всех врожденных аномалий (пороков развития), деформаций и хромосомных нарушений, представляющих отдельный класс болезней [1]. Около 50% детей с ВПС без оказания высококвалифицированной медицинской помощи погибают в период новорожденности и еще 25% — в первый год жизни [1].

В то же время современный уровень клинко-инструментальной диагностики и развития сердечно-сосудистой хирургии позволяет своевременно диагностировать

ВПС в 97% случаев [3]. Однако, несмотря на существенный прогресс оказываемой хирургической помощи, в группе детей раннего возраста прогноз коррекции ВПС не всегда утешительный [1]. Это связано, прежде всего, с исходной тяжестью самих пороков, с развитием глубоких гемодинамических изменений, а также с неоднозначностью тактики лечения. По-прежнему остаются высокими показатели госпитальной летальности после открытой операции у новорожденных в тяжелом соматическом состоянии [1]. Так, например, недоношенность ребенка в случае цианотических ВПС еще больше повышает риск периоперационной смерти. Отдельно стоит отметить частоту осложнений в случаях двухэтапных вмешательств, которая, по данным разных авторов, со-

ставляет до 23% [4]. Таким образом, текущие подходы к лечению ВПС нельзя назвать удовлетворительными, что требует поиска методов лечения, предназначенных для широкого применения.

Альтернативным подходом в лечении таких пациентов могут выступить методы интервенционной кардиологии — малоинвазивные вмешательства, классическим примером которых является стентирование. Коррекция ВПС методом стентирования открыла новые пути для решения вопросов, связанных с лечением врожденных пороков, а также с возможностью транскатетерной замены легочного клапана [5]. Данное направление берет свое начало с момента первой баллонной коронарной ангиопластики, выполненной A. Gruentzig в 1977 г. В 1986–1987 гг. в клиническую практику вошли металлические стенты, а в дальнейшем и стенты с лекарственным покрытием, снижающие частоту рестенозов [6]. Новая эра в развитии стентов связана с развитием биodeградируемых полимеров [7, 8, 9]. На сегодняшний день уже представлены первые результаты, подтверждающие эффективность данной технологии [8, 10, 11], однако вопрос о ее повсеместном внедрении остается открытым ввиду недостаточного объема клинических данных, доказывающих ее безопасность в отдаленном периоде. Тем не менее использование биodeградируемых полимеров представляет собой интерес в плане прикладного использования при коррекции ВПС у детей ввиду отсутствия необходимости отложенного извлечения стентов из таких материалов.

Несмотря на общую классификацию ВПС, каждый из пороков обладает особенностями, которые при углубленном изучении требуют их самостоятельного рассмотрения. По этой причине ниже приведены некоторые нозологические формы ВПС, при которых выполняется стентирование.

Тетрада Фалло

Тетрада Фалло (ТФ) — цианотический ВПС, который успешно поддается коррекции у доношенных новорожденных и пациентов с нормальными росто-весовыми показателями в 3–6 мес. жизни, с небольшой кардиохирургической летальностью до 5,03–6,11% [1]. Тем не менее данный порок по-прежнему остается широко распространенным и составляет приблизительно 15% всех ВПС [12]. Основными особенностями данного порока являются его многовариантная анатомия, многокомпонентность нарушений и исходная тяжесть, которые требуют точной предоперационной диагностики с индивидуальным выбором тактики лечения [13]. Имеется несколько анатомических форм ТФ, с различными вариантами клинического течения, что обусловлено уровнем нарушения оттока крови от правого желудочка (ПЖ). Наиболее неблагоприятной формой ТФ является анатомическое сочетание «небольшого» левого желудочка (ЛЖ) (индекс КДО ЛЖ/площадь поверхности тела ≤ 26 мл/м²) и гипоплазии ствола и ветвей легочной артерии (ЛА) с критической обструкцией выводного отдела ПЖ — ВОПЖ [14]. Пациенты с данной формой ТФ требуют

этапного кардиохирургического подхода, направленного на развитие легочного артериального русла и ЛЖ. В большинстве случаев пациентам с бессимптомным развитием ТФ выполняют одноэтапную радикальную коррекцию в раннем младенческом возрасте, как правило, между 2 и 6 мес. [13]. В то же время для пациентов с выраженной симптоматикой операция по коррекции ТФ проходит в два этапа: шунтирование и последующая полная коррекция. В качестве паллиативной коррекции используют методику наложения модифицированного Блелок–Тауссиг шунта (МБТШ) или же дозированную трансаннулярную пластику ВОПЖ. Обе методики доказали свою эффективность, однако сопровождаются высокой летальностью в раннем послеоперационном периоде, которая составляет 10–20% [14]. Неудовлетворительные результаты использования МБТШ или дозированной трансаннулярной пластики ВОПЖ в качестве этапной коррекции таких пациентов обосновали поиск и совершенствование других методик. В 90-х гг. прошлого столетия были разработаны и внедрены методики рентгенэндоваскулярной баллонной вальвулопластики, стентирования голометаллическим стентом открытого артериального протока. Методика рентгенэндоваскулярной баллонной вальвулопластики имеет достаточно высокий процент рестеноза клапана ЛА, он составляет от 25–35%, что значительно понижает эффективность процедуры [14]. Применение методики стентирования открытого артериального протока (ОАП) ограничено, что связано с извитостью ОАП. Удаление стента из ОАП в момент второго этапа — радикальной коррекции ТФ — значительно усложняет операцию и требует реконструкции аорты.

В ряде случаев имплантация стента в ВОПЖ может быть выгодной альтернативой паллиативному хирургическому вмешательству и позволяет добиться восстановления необходимого уровня насыщения крови кислородом. В 1997 г. J. Gibbs опубликовал данные о первой успешной процедуре стентирования ВОПЖ у ребенка с ТФ и тромбозом ранее наложенного МБТШ [15]. В 2008 г. P. Dryzek сообщил об успешном стентировании ВОПЖ у трехмесячного ребенка с ТФ и приступом цианоза [16]. Метод стентирования ВОПЖ с умеренным расширением легочного клапана может адекватно способствовать возобновлению тока крови, насыщению крови кислородом и увеличению просвета ЛА [12]. У детей с массой тела до 10 кг может быть использован метод радиочастотной перфорации атрезии легочного ствола с последующей имплантацией стента в ВОПЖ [17]. В ходе данной процедуры используют периферические стенты, применяемые в хирургии «взрослых» сосудистых нарушений [18], вследствие того, что их рабочий диаметр достигает 12 мм. У новорожденных могут использоваться коронарные стенты [19]. Клиническая эффективность такой методики подтверждена не только у детей с массой тела до 10 кг [20], но и у недоношенных детей с ТФ [21]. Важно отметить, что при дальнейшей необходимости хирургической замены кондуитом извлечение стента не представляет проблемы для хирурга как в позиции ВОПЖ, так

и в проксимальной позиции ЛА [20]. Безусловным преимуществом данного малоинвазивного метода является отсутствие спаек, возникающих как результат торако- и стернотомии в случаях применения открытого вмешательства, что упрощает последующий хирургический доступ.

В случае тяжелых форм ТФ стентирование артериального протока на первом (паллиативном) этапе является наименее инвазивной стратегией, позволяющей отсрочить второй (хирургический) этап коррекции, что особенно ценно для пациентов высокого риска [22]. Помимо прочего, стентирование является альтернативой хирургической реоперации детей с острыми осложнениями системно-легочного анастомоза. С этой целью в большинстве случаев используют непокрытые баллонорасширяемые коронарные стенты [23].

Краткосрочные результаты имплантации стентов обнадеживают, однако долгосрочный эффект их применения при ТФ остается малоизученным [24]. Стоит отметить, что основные осложнения, связанные с рестенозом стента [20] и повреждением интимы при изъятии стента для конечной пластики сосуда, актуальны для данного подхода и являясь существенным ограничением его применения [24].

Коарктация аорты

Коарктация аорты (КоА) является врожденным сегментарным сужением аорты различной степени, локализованным на любом участке в области дуги, перешейки, нижнего грудного или брюшного отделов. Как правило, КоА располагается в области нисходящей части грудного отдела аорты, дистальнее левой подключичной артерии, где происходит соединение с артериальным протоком. Частота порока составляет от 4 до 6% всех случаев ВПС [25]. Эта патология может сочетаться с ОАП, двустворчатым аортальным клапаном, дефектом межжелудочковой перегородки и пороками развития митрального клапана [26]. Клиническая картина варьирует от сердечно-сосудистой недостаточности у грудных детей после закрытия протока до бессимптомной гипертензии у взрослых. В случае если диагноз «нативная коарктация» не установлен сразу, у пациентов в детстве развивается артериальная гипертензия, и впоследствии большинство больных не доживают до 50 лет.

В качестве альтернативных методов лечения КоА, помимо резекции анастомоза конец в конец и других методов хирургической коррекции, выступает и стентирование. На сегодняшний день основными показаниями к имплантации стента являются: 1) большая протяженность сегмента КоА, 2) гипоплазия дуги аорты, 3) КоА со смещением проксимального и дистального сегментов аорты, 4) повторная КоА или аневризма после ранее перенесенного хирургического вмешательства или баллонной ангиопластики [11]. Кроме того, процедура стентирования необходима в случаях, когда не может быть выполнена резекция конец в конец, например, у больных старше 8 лет [25].

Ряд исследований демонстрирует, что стентирование позволяет добиться удовлетворительных результатов в большинстве случаев: снижается градиент давления (менее 10 мм рт. ст.) или снижается обструкция (более 90%) по результатам ангиографии, как в ближайший, так и в отдаленный периоды [25, 27–29]. Показатель успешности имплантации достигает 98,6%, при этом совокупный объем осложнений не превышает 11,7% [25]. Кроме того, имплантация стента в КоА применяется для профилактики диссекции и разрыва аорты. Стенты также имплантируют при осложнениях баллонной ангиопластики [25, 30].

В целом следует отметить, что стентирование при КоА на сегодняшний день можно считать рутинной процедурой, описанной во множественных отдельных клинических случаях, регистрах отдельных клиник, ретроспективных исследованиях и проспективных регистрах. Более того, согласно полученным результатам, складывается мнение о преимуществе эндоваскулярной коррекции с использованием стентов [29]. Тем не менее нет полноценного понимания эффективности данного метода относительно классического хирургического подхода, что требует проведения проспективных рандомизированных исследований.

Стеноз легочной артерии

Стеноз ЛА характеризуется нарушением оттока крови из ПЖ в малый круг кровообращения. Данная врожденная аномалия встречается в 5–8% всех случаев ВПС [1]. Зачастую формирование стенозов происходит на месте анастомозов ЛА с различными типами кондуитов, а также после радикальной или гемодинамической коррекции сложных ВПС. По данным некоторых авторов, деформация и сужение ветви ЛА после наложения анастомоза по Блелоку–Тауссиг наблюдается в 6,9–20% случаев [31]. Формирование стеноза после хирургических вмешательств происходит в результате склеротических и спайочных процессов в области хирургических манипуляций на ветвях ЛА, которые препятствуют нормальному росту сосуда.

Основная опасность при выраженном стенозе ЛА заключается в риске возникновения тяжелой гипертензии ПЖ, приводящей к аритмии, сердечной недостаточности и смерти [31]. Данная патология успешно корректируется хирургическим путем [32] в случае поражения проксимального отдела ЛА, однако в других случаях одним из эффективных вариантов является эндоваскулярная коррекция при помощи стентирования [33]. Первый в мире стент Palmaz был разработан фирмой Johnson & Johnson Interventional Systems (США) в 1987 г. для лечения ВПС, в том числе и при обструктивной патологии ЛА. На сегодняшний день для эндопротезирования ЛА применяются стенты Palmaz, Palmaz–Genesis (J&J, США), CP и Covered CP-стент (NuMed, Canada) [31].

Стентирование ЛА позволяет добиться существенно лучших отдаленных результатов и осуществлять последующую баллонную дилатацию без необходимости замены и извлечения ранее имплантированного стента

[34]. Несмотря на то, что на сегодняшний день стентирование легочного ствола не является золотым стандартом, множество публикаций демонстрируют хорошие среднесрочные и отдаленные клинические результаты [34, 35]. В связи с этим подобный подход широко вошел в клиническую практику как приоритетный метод лечения стеноза ЛА [30]. Так, например, в 2005 г. было проведено исследование, авторы которого описывали результаты имплантации 60 СР-стентов, из которых 17 были установлены в ЛА. В результате градиент систолического давления уменьшился в среднем с 33 до 5 мм рт. ст. Несмотря на то, что СР-стенты являются более мягкими и низкопрофильными, авторы отмечают, что вероятность возникновения осложнений при стентировании уменьшается [36].

Различные осложнения стентирования, включающие смещение стента, тромбоз, отслойку интимы с последующей обструкцией сосуда, разрыв сосуда, аневризму и другие, возникают в 4–5% случаев [35]. Количество рестенозов в случае изолированного стентирования легочного ствола составляет от 1,5 до 7% [34, 35]. Двумя основными причинами рестенозов являются гиперплазия интимы и ограничение потенциала роста ЛА [20, 37]. Существует мнение, что механизм развития рестеноза заключается в специфической реакции эндотелия и гладкомышечных клеток на повреждение в результате имплантации стента. Это подтверждается наблюдениями, показывающими, что рестеноз происходит в короткие сроки после катетеризации [37]. Также было показано, что ряд пороков сердца (ТФ, наличие больших аорто-легочных коллатеральных артерий, врожденная артериопатия) увеличивает риск рестеноза в связи с нарушением структуры сосудистой стенки. Таким пациентам необходим тщательный мониторинг давления в ПЖ или контроль за неравномерным распределением легочного кровотока после имплантации стента [37].

При затрудненном чрескожном доступе к ЛА, который вызван комплексом анатомических факторов или механикой клапана ЛА и ограничивает использование малоинвазивного подхода, успешно используют метод гибридных операций — с интраоперационной имплантацией стента под визуальным, флюороскопическим либо эндоскопическим контролем [38]. В сравнении с классическими хирургическими методами интраоперационное стентирование ЛА также выигрывает по степени инвазивности за счет существенного сокращения длительности времени сердечно-легочного шунтирования [39]. Кроме того, его преимуществом является отсутствие требований к высокотехнологичному оснащению операционной, так как имплантация стента может быть проведена под визуальным контролем.

Таким образом, стентирование ЛА является безопасным и эффективным методом, несмотря на достаточно высокую частоту рестенозов. При необходимости с осложнениями можно справляться путем повторной дилатации стента.

Стеноз легочных вен

Стеноз легочных вен (ЛВ) представляет собой патологическое сужение просвета сосуда, связанное с нарушением развития общей ЛВ на поздней стадии эмбрионального периода, вследствие чего происходит застой в малом круге кровообращения. Распространенность данного порока развития составляет 1,7% на 100 тысяч детей младше двух лет [40].

Стеноз обычно располагается в месте соединения ЛВ и левого предсердия или в любом месте вдоль вены [40]. Стеноз ЛВ приводит к увеличению обратного давления проксимальнее стеноза, увеличивая приток крови к легочным сосудам [41]. С течением времени развивается легочная гипертензия. Для таких пациентов характерна повышенная чувствительность к инфекциям. У большинства пациентов при стенозе одной ЛВ симптомов не наблюдается, однако вероятность их развития увеличивается, когда стенозу подвергается более чем одна вена. Клинически значимой степенью стеноза ЛВ с негативным прогнозом считается уменьшение просвета сосуда более чем на 70% [42].

Причиной стеноза может быть как врожденная аномалия, так и предшествующее хирургическое вмешательство [43]. Ввиду крайне негативного долгосрочного прогноза таких пациентов основным методом лечения является наложение хирургического бесшовного анастомоза сегментов ЛВ [44], при этом лишь 50% пациентов не требуется повторная операция в течение пяти лет, даже если они выживают [23]. Стеноз ЛВ успешно поддается коррекции при помощи стентирования при ВПС, после трансплантации легких и после метода изоляции ЛВ [45], однако зачастую все равно необходима повторная операция [46].

Многообещающие результаты были получены при использовании стентов с лекарственным покрытием: в частности, была показана эффективность стентов с покрытием сиролимусом в ряде наблюдений [47], однако из-за большого диаметра ЛВ стенты с лекарственным покрытием часто слишком малы для стентирования данной позиции [48]. В связи с этим чаще всего используют голометаллические стенты для желчных протоков. В случае непроходимости сосудистой системы может быть использован метод хирургической имплантации стента [46]. Тем не менее, согласно клиническим данным, эффективность стентирования остается крайне низкой [46], вследствие чего данный метод по отношению к стенозу ЛВ следует рассматривать исключительно как паллиативный, предшествующий последующему хирургическому лечению.

Перспективы применения биodeградируемых стентов при ВПС

Эффективность использования стентирования в коррекции ВПС у детей по-прежнему остается спорной. Одни авторы выступают в защиту данного подхода [58], другие — остаются приверженцами «старой школы» от-

крытых инвазивных вмешательств [29]. Одним из наиболее перспективных вариантов следует считать метод гибридных операций, сочетающий преимущества обоих подходов [38]. Основным лимитирующим фактором широкого распространения таких вмешательств является отсутствие полномасштабных рандомизированных исследований в сравнительном аспекте относительно классической хирургии. Также остаются нерешенными проблемы неспособности стентов адаптироваться к диаметру и геометрии сосуда при условии его соматического роста [28] и рестеноза ввиду пролиферации неинтимы [20].

Проблемы, связанные с ростом сосудов, как правило, ограничивают имплантацию стента тем детям, у которых существует возможность последовательного расширения сосудов до достижения взрослого возраста [5]. Паллиативная имплантация стента у детей младшего возраста, при которой максимальный размер стента не охватывает полного роста сосудов, в конечном счете приводит к фиксированной обструкции сосудов, за пределами которой катетерное вмешательство не может помочь [49]. В таких случаях необходима хирургическая коррекция либо с удалением стентированной области, либо с продольным расщеплением стента с последующей хирургической пластикой.

Решить проблему рестенозов стентов могли бы стенты с лекарственным покрытием, которые доказали свою эффективность в лечении ИБС за счет более низкой частоты сердечной смерти, инфаркта миокарда и тромбоза стента по сравнению с голометаллическими стентами [7]. Существующие клинические данные позволяют предположить, что для пациентов с ТФ, наличием больших коллатеральных артерий или артериопатией использование лекарственных стентов может быть ценной альтернативой [37]. Однако, наряду с положительным эффектом от применения стентов с лекарственным покрытием, имеется и ряд негативных последствий, связанных с действием полимера и препаратов покрытия, входящих в их состав [37]. Главным фактором развития поздних тромбозов стентов с лекарственным покрытием является их замедленная эндотелизация. Также следует отметить, что радиальная жесткость стентов нарушает вазомоторную функцию сосуда, что тоже может являться одним из факторов, усугубляющих воспалительный ответ. Еще одним недостатком используемых стентов на основе сплавов металлов является их хрупкость, впоследствии приводящая к разрушению балок. Хотя данная поломка в ряде случаев носит бессимптомный характер и не является критической, в отдельных ситуациях, особенно для стентов, имплантированных в шунт, это может приводить к эмболизации [50].

Наиболее перспективным решением, направленным на устранение основных ограничений стентирования, следует считать биodeградируемые стенты [9, 51]. В качестве материала для таких стентов используют металл с контролируемыми характеристиками коррозионного разложения или гидролизуемые полимеры.

Поиски биodeградируемого металлического стента, который мог бы преодолеть ограничения, связанные с ростом детского организма, привели к использованию сплавов магния, который широко используется в терапевтических целях благодаря его антитромботическому эффекту [52]. В результате постепенной деградации в течение детского возраста стойки стента превращаются в мягкую кальций-фосфатную желеобразную массу, оказывающую во взрослом возрасте лишь минимальное механическое воздействие на стенку сосуда. Успешное применение данного типа стентов было продемонстрировано как в эксперименте на животных, так и на примере сосудистых поражений нижних конечностей взрослых пациентов [53, 54]. В то же время стоит отметить, что технология биodeградируемых стентов на основе металлов, подвергаемых коррозии, не нашла широкого применения в коррекции ВПС, и в литературе отсутствуют публикации клинического применения после описания первого случая в 2005 г.

Пожалуй, самым актуальным трендом на сегодняшний день следует считать биodeградируемые стенты на основе полимолочной кислоты (ПМК) и ее модификаций [8, 10, 55]. ПМК (polylactic acid, PLA) и ее форма поли-L-лактид (poly-L-lactide, PLLA) являются биodeградируемым, биосовместимым, термопластичным алифатическим полиэфиром. В природных условиях срок разложения составляет от 2 мес. до 2 лет. Использование стента из ПМК потенциально не мешает дальнейшему росту артерии и реконструкции сосудистой стенки, в отличие от классического стентирования, благодаря чему методика может быть оправданной. Внутрисосудистое стентирование конструкциями из ПМК позволяет создать каркас сосуда, который уплотняет стенку сосуда и обеспечивает основу для ровного роста неинтимы [5]. После растворения стента восстанавливается биомеханика, через 60 мес. в месте имплантации формируется однородный эндотелиальный слой, при этом сохраняется вазомоторная функция [56]. Дополнительным преимуществом стентов данного типа является возможность включения в состав полимера антипролиферативных препаратов — сиролимуса, эверолимуса или паклитаксела. Несмотря на всю привлекательность данного метода, необходимо отметить, что стенты на основе ПМК исходно имеют меньшую радиальную жесткость [57], чем металлические стенты, что существенно сказывается в отношении достаточной системы. Тем не менее на сегодняшний день уже опубликованы исследования как *in vitro*, так и на животных [9], а также первые клинические случаи [51], рассматривающие возможность применения биodeградируемых стентов в коррекции ВПС.

Хотелось бы остановиться на исследовании McCrossan В. А., в котором описывается имплантация биodeградируемых стентов на основе ПМК детям в трех клинических случаях. Первый случай — девочка (вес 3,0 кг, возраст 11 дней) рождена с общим артериальным стволом. Данный порок на 6 день жизни прошел коррекцию 12 мм гомографтом Contegra. По результатам ангиографии под-

твердилось значительное улучшение кровоснабжения в правой ЛА по всей ее длине. Второй клинический случай — 8-летний мальчик с легочной атрезией, дефектом межжелудочковой перегородки, с крупными аортопульмональными коллатеральными артериями и с наличием правой дуги аорты (синдром Ди Георга). Третий клинический случай — 3-месячный ребенок (вес 4,1 кг) с ассоциацией VACTERL. Разумным объяснением применения биодеградируемых стентов при коррекции ВПС у детей является обеспечение наилучших условий увеличения просвета стеноза по сравнению с ангиопластикой, чтобы в дальнейшем было возможно катетерное вмешательство, а также отсутствие проблем, связанных с ограничением роста сосуда в диаметре (данная ситуация возникает при установке голометаллических стентов). Первый и третий клинические случаи подходят для установки биодеградируемых сосудистых стентов, в то время как при ангиопластике произойдет заворачивание сосуда из-за внешнего давления со стороны ВОПЖ [51].

Таким образом, на сегодняшний день использование биодеградируемых стентов носит скорее экспериментальный, нежели прикладной характер в аспекте клинического применения в лечении ВПС, однако первые положительные результаты позволяют прогнозировать кардинальное изменение стратегии лечения в будущем. Об этом косвенно свидетельствует опыт использования биодеградируемых стентов в лечении смежных медицинских патологий. Так, уже доступны 10-летние результаты имплантации первого биодеградируемого коронарного стента [10], кроме того, в краткосрочном и среднесрочном периоде успешность выполнения вмешательства достигает 100% при отсутствии рескоил-эффекта, поломки стентов и рестенозов. В то же время при коронарном стентировании биодеградируемые стенты не демонстрируют принципиальных преимуществ в сравнении со стентами с лекарственным покрытием новых поколений [11]. Потребуется значительное время на получение доказательной базы, основанной на рандомизированных исследованиях, чтобы убедиться в преимуществах данной технологии относительно открытого оперативного вмешательства.

Литература/References

1. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. Сердечно-сосудистая хирургия — 2014. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. — М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева, 2015. — 226 с.
2. Lethal B., Helfrich S., Fischer J.E. et al. Psychological adjustment and quality of life in children and adolescents following open-heart surgery for congenital heart disease: a systematic review // BMC Pediatrics. — 2009. — Vol. 9. — P. 6.
3. Лукьянова И.С., Труба Я.П., Медведенко Г.Ф. и др. Аномалии дуги аорты: проблемы пренатальной и постнатальной тактики // Перинатология и педиатрия. — 2015. — № 2(62). — С. 16–21.
4. Michel-Behnke I., Akintuerk H., Thul J. et al. Stent implantation in the ductus arteriosus for pulmonary blood supply in congenital heart disease // Catheter Cardiovasc. Interv. — 2004. — Vol. 61, No. 2. — P. 242–252.

5. Hascoëta S., Baruteau A., Jalal Z. et al. Stents in paediatric and adult congenital interventional cardiac catheterization // Arch. Cardiovasc. Disease. — 2014. — Vol. 107. — P. 462–475.
6. Morice M.C., Serruys P.W., Sousa J.E. et al. Randomized study with the sirolimus-coated BX Velocity balloon-expandable stent in the treatment of patients with de novo native coronary artery lesions: a randomized comparison of a sirolimus eluting stent with a standard stent for coronary revascularization // N. Engl. J. Med. — 2002. — Vol. 346. — P. 1773–1780.
7. Насонова М.В., Глушкова Т.В., Борисов В.В. и др. Биосовместимость и структурные особенности матриц на основе биодеградируемых полимеров // Клеточные технологии в биологии и медицине. — 2015. — № 3. — С. 160–166.
8. Burger C.M., Grabow N., Sternberg K. et al. Biodegradable Stent Based on Poly(L-Lactide) and Poly(4-Hydroxybutyrate) for Peripheral Vascular Application: Preliminary Experience in the Pig // J. Endovasc. Ther. — 2007. — Vol. 14. — P. 725–733.
9. Veeram Reddy S.R., Welch T.R., Wang J. et al. A novel design biodegradable stent for use in congenital heart disease: mid-term results in rabbit descending aorta // Catheter Cardiovasc. Interv. — 2015. — Vol. 85, No. 4. — P. 629–639.
10. Nishio S., Kosuga K., Igaki K. et al. Long-term (N10 years) clinical outcomes of first-in-human biodegradable poly-L-lactic acid coronary stents: Igaki-Tamai stents // Circulation. — 2012. — Vol. 125. — P. 2343–2353.
11. Sahu R., Rao P.S. Transcatheter stent therapy in children: An update // Pediatr. Therapeut. — 2012. — Vol. 5.
12. Haas N.A., Laser T.K., Moysich A. et al. Stenting of the right ventricular outflow tract in symptomatic neonatal tetralogy of Fallot // Cardiol. Young. — 2014. — Vol. 24. — P. 369–373.
13. Fraisse A. Stenting the paediatric heart // Heart. — 2009. — Vol. 95. — P. 100–101.
14. Бокерия Л.А., Ким А.И., Махачев О.А. и др. Результаты хирургической коррекции тетрады Фалло у детей первого года жизни // Детские болезни сердца и сосудов. — 2005. — № 3. — С. 52–57.
15. Gibbs J.L., Uzun O., Blackburn M.E. et al. Right ventricular outflow stent implantation: an alternative to palliative surgical relief of infundibular pulmonary stenosis // Heart. — 1997. — Vol. 77. — P. 176–179.
16. Dryżek P., Mazurek-Kula A., Moszura T., Sysa A. Right ventricle outflow tract stenting as a method of palliative treatment of severe tetralogy of Fallot // Cardiology J. — 2008. — Vol. 15, No. 4. — P. 376–379.
17. Walsh M.A., Lee K.J., Chaturvedi R. et al. Radiofrequency perforation of the right ventricular outflow tract as a palliative strategy for pulmonary atresia with ventricular septal defect // Catheter Cardiovasc. Interv. — 2007. — Vol. 69. — P. 1015–1020.
18. Forbes T.J., Rodriguez-Cruz E., Amin Z. et al. The Genesis stent: A new low-profile stent for use in infants, children, and adults with congenital heart disease // Catheter Cardiovasc. Interv. — 2003. — Vol. 59, No. 3. — P. 406–414.
19. Ashwath R., Gruenstein D., Siwik E. Percutaneous stent placement in children weighing less than 10 kilograms // Pediatr. Cardiol. — 2008. — Vol. 29. — P. 562–567.
20. Березовская Г.А., Ганюков В.И., Карпенко М.А. Рестеноз и тромбоз внутри стента: патогенетические механизмы развития и прогностические маркеры // Рос. кардиол. журн. — 2012. — № 6(98). — С. 91–95.
21. Laudito A., Bandisode V.M., Lucas J.F. et al. Right ventricular outflow tract stent as a bridge to surgery in a premature infant with tetralogy of Fallot // Ann. Thorac. Surg. — 2006. — Vol. 81. — P. 44–746.
22. Coe J.Y., Olley P.M. A novel method to maintain ductus arteriosus patency // J. Am. Coll. Cardiol. — 1991. — Vol. 18. — P. 837–841.
23. Peters B., Ewert P., Berger F. The role of stents in the treatment of congenital heart disease: Current status and future perspectives // Ann. Pediatr. Cardiol. — 2009. — Vol. 2, No. 1. — P. 3–23.

24. Gray R.G., Minich L.L., Weng H.Y. et al. Effect of endovascular stenting of right ventricle to pulmonary artery conduit stenosis in infants with hypoplastic left heart syndrome on stage II outcomes // *Am. J. Cardiol.* — 2012. — Vol. 110. — P. 118–123.
25. Forbes T.J., Kim D.W., Du W. et al. Comparison of surgical, stent, and balloon angioplasty treatment of native coarctation of the aorta: an observational study by the CCISC (Congenital Cardiovascular Interventional Study Consortium) // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 2011. — Vol. 58. — P. 2664–2674.
26. Тарасов Р.С., Каргашян Э.С., Ганюков В.И., Сизова И.Н. Транскатетерная коррекция дефекта межпредсердной перегородки у детей различных возрастных групп // *Рос. кардиол. журн.* — 2013. — № 3(101). — С. 40–44.
27. Krasemann T., Bano M., Rosenthal E., Qureshi S.A. Results of stent implantation for native and recurrent coarctation of the aorta: follow-up of up to 13 years // *Catheter Cardiovasc. Interv.* — 2011. — Vol. 78. — P. 405–412.
28. Mohan U.R., Danon S., Levi D. et al. Stent implantation for coarctation of the aorta in children // *JACC Cardiovasc. Interv.* — 2009. — Vol. 2. — P. 877–883.
29. Rao P.S. Stents in the Management of Heart Disease in Children // *Pediatr. Therapeut.* — 2013. — Vol. 3. — P. 120.
30. Holzer R.J., Gauvreau K., Kreutzer J. et al. Balloon angioplasty and stenting of branch pulmonary arteries: adverse events and procedural characteristics: results of a multi-institutional registry // *Circ. Cardiovasc. Interv.* — 2011. — Vol. 4. — P. 287–296.
31. Алякян Б.Г., Пурсанов М.Г., Сандодзе Т.С. Стентирование при сужениях и гипоплазиях легочных артерий у больных с врожденными пороками сердца // *Детские болезни сердца и сосудов.* — 2008. — № 4. — С. 8–15.
32. Monge M.C., Mainwaring R.D., Sheikh A.Y. et al. Surgical reconstruction of peripheral pulmonary artery stenosis in Williams and Alagille syndromes // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2013. — Vol. 145. — P. 476–481.
33. Law M.A., Shamszad P., Nugent A.W. et al. Pulmonary artery stents: long-term follow-up // *Catheter Cardiovasc. Interv.* — 2010. — Vol. 75. — P. 757–764.
34. Ing F.F., Grifka R.G., Nihill M.R., Mullins C.E. Repeat dilation of intravascular stents in congenital heart defects // *Circulation.* — 1995. — Vol. 92. — P. 893–897.
35. McMahon C.J., El Said H.G., Vincen J.A. et al. Refinements in the implantation of pulmonary arterial stents: Impact on morbidity and mortality of the procedure over the last two decades // *Cardiol. Young.* — 2002. — Vol. 12. — P. 445–452.
36. Ewert P., Shubert B., Peters B. et al. Stenosis of pulmonary arteries and caval vens, and Fontan anastomosis in children and adults: an evaluation of 60 stents in 53 patients // *Heart.* — 2005. — Vol. 91. — P. 948–953.
37. Hallbergson A., Lock J.E., Marshall A.C. Frequency and risk of in-stent stenosis following pulmonary artery stenting // *Am. J. Cardiol.* — 2014. — Vol. 113. — P. 541–545.
38. Hjortdal V.E., Redington A.N., de Leval M.R., Tsang V.T. Hybrid approaches to complex congenital cardiac surgery // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* — 2002. — Vol. 22. — P. 885–890.
39. Bacha E.A., Marshall A.C., McElhinney D.B., del Nido P.J. Hybrid pediatric cardiac surgery // *Pediatr. Cardiol.* — 2005. — Vol. 26, No. 4. — P. 315–322.
40. Drossner D.M., Kim D.W., Maher K.O., Mahle W.T. Pulmonary vein stenosis: Prematurity and associated conditions // *Pediatrics.* — 2008. — Vol. 122. — P. 656–661.
41. Holcomb R., Tyson R.W., Dunbar Ivy D. et al. Congenital pulmonary venous stenosis presenting as persistent pulmonary hypertension of the newborn // *Pediatr. Pulmonol.* — 1999. — Vol. 28. — P. 301–306.
42. Purerfellner H., Aichinger J., Martinek M. et al. Incidence, management, and outcome in significant pulmonary vein stenosis complicating ablation for atrial fibrillation // *Am. J. Cardiol.* — 2004. — Vol. 93. — P. 1428–1431.
43. Latson L.A., Prieto L.R. Congenital and acquired pulmonary vein stenosis // *Circulation.* — 2007. — Vol. 115. — P. 103–108.
44. Hammel J.M., Hunt P.W., Abdullah I., Duncan K.F. “Closed-vein” technique for primary sutureless repair of anomalous pulmonary venous connection // *Ann. Thorac. Surg.* — 2012. — Vol. 94, No. 3. — P. 1021–1022.
45. Doucet K.M., Labinaz M., Chandy G. et al. Pulmonary hypertension due to fibrosing mediastinitis treated successfully by stenting of pulmonary vein stenoses // *Canadian J. Cardiology.* — 2015. — Vol. 31, No. 4. — P. 548.e5–548.e7.
46. Balasubramanian S., Marshall A.C., Gauvreau K. et al. Outcomes after stent implantation for the treatment of congenital and postoperative pulmonary vein stenosis in children // *Circ. Cardiovasc. Interv.* — 2012. — Vol. 5. — P. 109–117.
47. Bromberg-Marin G., Tsimikas S., Mahmud E. Treatment of recurrent pulmonary vein stenoses with endovascular stenting and adjuvant oral sirolimus // *Catheter Cardiovasc. Interv.* — 2007. — Vol. 69. — P. 362–368.
48. De Potter T.J., Schmidt B., Chun K.R. et al. Drug-eluting stents for the treatment of pulmonary vein stenosis after atrial fibrillation ablation // *Europace.* — 2011. — Vol. 13. — P. 57–61.
49. Zartner P., Cesnjevar R., Singer H., Weyand M. First successful implantation of a biodegradable metal stent into the left pulmonary artery of a preterm baby // *Catheterization and Cardiovascular Interventions.* — 2005. — Vol. 66, No. 4. — P. 590–594.
50. Breinholt J.P., Nugent A.W., Law M.A. et al. Stent fractures in congenital heart disease // *Catheter Cardiovasc. Interv.* — 2008. — Vol. 72. — P. 977–982.
51. McCrossan B.A., McMahon C.J., Walsh K.P. First reported use of drug-eluting bioabsorbable vascular scaffold in congenital heart disease // *Catheter Cardiovasc. Interv.* — 2015. — Vol. 87, No. 2. — P. 324–328.
52. Ravn H.B. Pharmacological effects of magnesium on arterial thrombosis: mechanisms of action? // *Magnes. Res.* — 1999. — Vol. 12. — P. 191–199.
53. Di Mario C., Griffiths H., Goktekin O. et al. Drug-eluting bioabsorbable magnesium stent // *J. Interv. Cardiol.* — 2004. — Vol. 17. — P. 391–395.
54. Peeters P., Bosiers M., Verbist J. et al. Preliminary results after application of absorbable metal stents in patients with critical limb ischemia // *J. Endovasc. Ther.* — 2005. — Vol. 12. — P. 1–5.
55. Zamiri P., Kuang Y., Sharma U. et al. The biocompatibility of rapidly degrading polymeric stents in porcine carotid arteries // *Biomaterials.* — 2010. — Vol. 31. — P. 7847–7855.
56. Губкин С.В. Современные стенты // *Мед. журн.* — 2014. — № 1. — С. 139–141.
57. Pauck R.G., Reddy B.D. Computational analysis of the radial mechanical performance of PLLA coronary artery stents // *Med. Eng. Phys.* — 2015. — Vol. 37, No. 1. — P. 7–12.
58. Алякян Б.Г., Ким А.И., Пурсанов М.Г. и др. Отдаленные результаты гибридного стентирования коарктации аорты у пациента с массой тела 4,0 кг со сложным врожденным пороком сердца // *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* — 2015. — № 1. — С. 47–50.
59. Silingardi R., Lauricella A., Coppi G. et al. Midterm results of endovascular treatment of superficial femoral artery disease with biodegradable stents: single-center experience // *J. Vasc. Interv. Radiol.* — 2015. — Vol. 26, No. 3. — P. 374–381.
60. Синьков М.А., Ганюков В.И. Эффективность первичного чрескожного коронарного вмешательства у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST и сопутствующим мультифокальным атеросклерозом // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* — 2013. — № 3. — С. 57–61.

Поступила 07.04.2017

Сведения об авторах

Шишкова Дарья Кирилловна*, младший научный сотрудник лаборатории новых биоматериалов Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний.

Адрес: 650002, г. Кемерово, ул. Сосновый бульвар, 6.

E-mail: shishkovadk@gmail.com.

Овчаренко Евгений Андреевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории новых биоматериалов Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний.

Адрес: 650002, г. Кемерово, ул. Сосновый бульвар, 6.

E-mail: ov.eugene@gmail.com.

Ганюков Владимир Иванович, докт. мед. наук, заведующий лабораторией интервенционных методов диагностики и лечения атеросклероза Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний.

Адрес: 650002, г. Кемерово, ул. Сосновый бульвар, 6.

E-mail: ganuvi@kemcardio.ru.

Нохрин Андрей Валерьевич, канд. мед. наук, старший научный сотрудник лаборатории кардиоваскулярного биопротезирования Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний.

Адрес: 650002, г. Кемерово, ул. Сосновый бульвар, 6.

E-mail: nokhrin_av@rambler.ru.

Кудрявцева Юлия Александровна, докт. биол. наук, заведующая отделом экспериментальной и клинической кардиологии Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний.

Адрес: 650002, г. Кемерово, ул. Сосновый бульвар, 6.

E-mail: kudrua@kemcardio.ru.