

<https://doi.org/10.35401/2500-0268-2020-19-3-61-67>

© А.Н. Пахолков<sup>1\*</sup>, Е.С. Суслов<sup>1</sup>, К.А. Лашевич<sup>1</sup>, Н.Б. Карахалис<sup>1,2</sup>, Т.В. Серова<sup>1</sup>,  
Г.А. Ефимочкин<sup>1</sup>, А.Н. Федорченко<sup>1</sup>, М.В. Борисков<sup>1</sup>, В.А. Порханов<sup>1,2</sup>

## НАШ ПЕРВЫЙ ОПЫТ ТРАНСКАТЕТЕРНОГО ПРОТЕЗИРОВАНИЯ КЛАПАНА ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. проф. С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, Краснодар, Россия

✉ \* А.Н. Пахолков, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, e-mail: andrei\_298@mail.ru

Поступила в редакцию 25 марта 2020 г. Исправлена 20 апреля 2020 г. Принята к печати 28 мая 2020 г.

Лечение пороков клапана легочной артерии (ЛА) является одной из актуальных проблем современной кардиологии и кардиохирургии. В большинстве случаев пороки ЛА являются врожденными. С целью их хирургической коррекции в настоящее время применяются синтетические кондуиты (гомографты) и биологические клапаны. Хирургическое протезирование ЛА позволяет нормализовать гемодинамику и состояние пациента, однако синтетические кондуиты (гомографты) и биологические клапаны со временем подвергаются дегенеративным изменениям и происходит их дисфункция. Нарушения гемодинамики, вызванные дисфункцией клапана или кондуита, сопровождаются снижением толерантности к физическим нагрузкам, аритмией, правожелудочковой недостаточностью и внезапной смертью. С раннего возраста дети подвергаются повторным операциям на открытом сердце с целью восстановления функции клапана, что позволяет устранить симптомы заболевания и снизить смертность. Чрескожное лечение клапанного стеноза легочной артерии при помощи клапана Melody® (Medtronic Inc.) было проведено у большого количества пациентов по всему миру. Данная процедура, несмотря на свою малоинвазивность, восстанавливает функцию клапана ЛА и снижает повторные вмешательства на открытом сердце. Недавние клинические испытания показали отличные отдаленные результаты с точки зрения как восстановления функции клапана, так и снижения обструкции выводного отдела правого желудочка. В данной статье хотим отразить актуальность и наш первый опыт применения транскатетерного клапана Melody.

**Ключевые слова:**

**Цитировать:**

транскатетерное протезирование клапана, клапан легочной артерии, врожденный порок сердца. Пахолков А.Н., Суслов Е.С., Лашевич К.А., Карахалис Н.Б., Серова Т.В., Ефимочкин Г.А., Федорченко А.Н., Борисков М.В., Порханов В.А. Наш первый опыт транскатетерного протезирования клапана легочной артерии. *Инновационная медицина Кубани*. 2020;(3):61–67. doi:10.35401/2500-0268-2020-19-3-61-67

© Andrey N. Pakholkov<sup>1\*</sup>, Evgeny S. Suslov<sup>1</sup>, Kirill A. Lashevich<sup>1</sup>, Nikolay B. Karakhalis<sup>1,2</sup>, Tatyana V. Serova<sup>1</sup>,  
Georgii A. Efimochkin<sup>1</sup>, Alexey N. Fedorchenko<sup>1</sup>, Maksim V. Boriskov<sup>1</sup>, Vladimir A. Porhanov<sup>1,2</sup>

## OUR FIRST EXPERIENCE OF TRANSCATHETER PULMONARY VALVE REPLACEMENT

<sup>1</sup> Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1, Krasnodar, Russia

<sup>2</sup> Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

✉ \* Andrey N. Pakholkov, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1, ul. 1 Maya, 167, Krasnodar, 350086, e-mail: andrei\_298@mail.ru

Received 25 March 2020. Received in revised form 20 April 2020. Accepted 28 May 2020.

The treatment of pulmonary valve disease is one of the urgent problems of modern cardiology and cardiac surgery. In most cases, pulmonary valve abnormalities are congenital. Synthetic conduits (homografts) and bioprosthetic valves are currently used in the surgical treatment of patients with the diseases mentioned above. Pulmonary valve surgical prosthetics allows normalizing the circulatory dynamics and condition of the patient, however, time-dependent degradation results in conduit and valve dysfunction. The abnormal circulatory dynamics caused by valve and conduit dysfunction is linked to exercise intolerance, arrhythmia, right ventricular failure, and sudden death. Starting in childhood, affected patients undergo repeated open-heart surgeries to restore valve function and potentially reduce morbidity and mortality. Percutaneous transcatheter treatment of the pulmonary valve stenosis with the Melody® valve (Medtronic Inc.) has been performed in a large number of patients worldwide. Despite minimal invasiveness, this procedure restores pulmonary valve function and reduces repeated open-heart interventions. Recent clinical trials have shown excellent and durable results in terms of both restoring valve function and decreasing right ventricular outflow tract obstruction.



Статья доступна по лицензии Creative Commons Attribution 4.0.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License.

In this article, we want to reflect the relevance of the Melody transcatheter valve and present our first experience of its usage.

**Keywords:**

**Cite this article as:**

transcatheter valve replacement, pulmonary valve, congenital heart disease.

Pakholkov A.N., Suslov E.S., Lashevich K.A., Karakhalis N.B., Serova T.V., Efimochkin G.A., Fedorchenko A.N., Boriskov M.V., Porhanov V.A. Our first experience of transcatheter pulmonary valve replacement. *Innovative Medicine of Kuban*. 2020;(3):61–67. doi:10.35401/2500-0268-2020-19-3-61-67

**ВВЕДЕНИЕ**

Врожденные пороки клапана легочной артерии (ЛА) многообразны и могут существовать изолированно или в сочетании с другими пороками сердца. К изолированным порокам относятся стеноз ЛА, недостаточность клапана ЛА и атрезия ЛА с интактной межжелудочковой перегородкой. Наиболее распространенными сочетанными формами порока являются тетрада Фалло и атрезия ЛА с дефектом межжелудочковой перегородки. Помимо этого, клапанная патология ЛА может являться одним из симптомов ряда генетических заболеваний, таких как синдромы Нуна (Noonan), Уильямса (Williams), кардио-фацио-кожный синдром и др. [1].

К основным методам лечения стеноза ЛА в настоящее время относятся хирургическая вальвулотомия, транслуминальная баллонная вальвулопластика (ТЛБВП) и протезирование ЛА. При этом в большинстве случаев ТЛБВП является операцией выбора, поскольку малоинвазивна и в подавляющем большинстве случаев приводит к успешной коррекции порока [2]. Кроме того, Sh.Z. Wang с соавторами в своем недавнем исследовании продемонстрировали возможность безопасного и эффективного выполнения ТЛБВП исключительно под эхокардиографическим (ЭХО-КГ) контролем, что позволяет избежать лучевой и контрастной нагрузки для пациента [3].

Атрезия ЛА является тяжелым врожденным пороком сердца вследствие полного отсутствия кровотока из правого желудочка (ПЖ) в ЛА. При этом, как правило, легочный кровоток осуществляется через Боталлов проток (т. е. дуктус-зависимый порок) и большие аорто-легочные коллатерали (БАЛК) при их наличии [4]. Радикальная коррекция атрезии легочной артерии состоит из множества этапов и завершается протезированием ствола ЛА с помощью клапаносодержащего кондуита (гомографта). Формирование пути оттока из ПЖ в ЛА путем хирургической имплантации клапаносодержащего кондуита позволяет успешно корригировать многие врожденные пороки сердца [5]. Клапаносодержащие кондуиты со временем подвергаются дегенеративным изменениям и кальцинированию, что приводит к их дисфункции за счет постепенного стенозирования просвета гомографта вплоть до гемодинамически значимых параметров [6]. Данные дегенеративные процессы являются основной причиной дисфункций протезов, требующих повторного вмешательства в первые 10 лет после корригирующей операции [7].

Транскатетерное протезирование клапана ЛА является малоинвазивной альтернативой хирургической коррекции порока [8]. Изначально транскатетерная имплантация протеза осуществлялась исключительно в нативный легочный клапан, однако по мере накопления опыта данное вмешательство стало методом выбора при лечении пациентов с дисфункцией биологических гомографтов путем имплантации «клапан-в-клапан» [9–11].

Транскатетерный клапан Melody® (Medtronic Inc.) предназначен для лечения дисфункции выводного отдела правого желудочка. Он изготовлен из бычьей яремной вены, пришитой к платиново-иридиевому стенту. Нативный клапан бычьей яремной вены содержит естественно тонкие створки с глубокими комиссурами, которые обеспечивают адекватную замыкательную способность в широком диапазоне диаметров и геометрических конфигураций [12].

По состоянию на 2016 г. более 10 000 клапанов были имплантированы пациентам по всему миру. Многочисленные исследования продемонстрировали хорошие отдаленные результаты после имплантации клапанов Melody [13–16].

**Клинический случай**

*Пациент Т., мальчик, 2004 г. р.* (15 лет) наблюдается в ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. проф. С.В. Очаповского» с диагнозом: «Врожденный порок сердца. Атрезия ЛА I типа с дефектом межжелудочковой перегородки. БАЛК с рождения». В 2005 г. выполнена унифокализация легочного кровотока справа, реконструкция путей оттока из ПЖ протезом «Экофлон» 6 мм (шунт Сано). В 2006 г. выполнена рентгенэндоваскулярная эмболизация БАЛК и экстренно сформирован системно-легочный анастомоз слева. В 2008 г. произведена радикальная коррекция атрезии ЛА с использованием кондуита. В дальнейшем ребенок наблюдался в поликлиническом отделении НИИ – ККБ №1 им. С.В. Очаповского. В настоящее время поступил с жалобами на одышку при нагрузке. В ходе планового осмотра в условиях поликлинического отделения отмечено прогрессирование стеноза кондуита. ЭХО-КГ: V (скорость кровотока) на кондуите 5,0 м/с, P<sub>гр</sub> (пиковый градиент давления) – 100 мм рт. ст., M<sub>гр</sub> (минимальный градиент давления) – 57 мм рт. ст. На кондуите определяется недостаточность 2-й степени. Мультиспиральная компьютерная томография: калибр кондуита в п/3 – 17 мм, с/3 – 13 мм, д/3 – 16 мм. Ка-

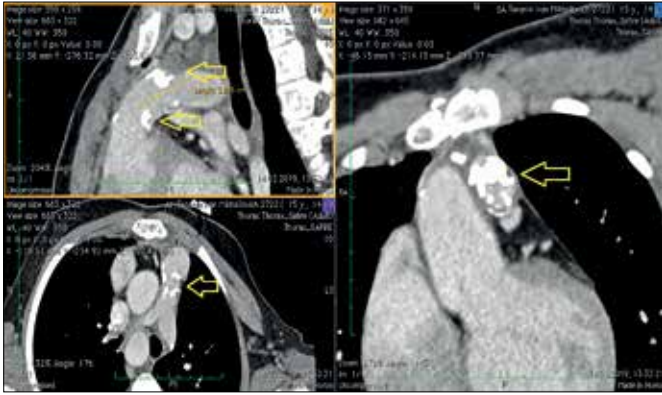


Рисунок 1. Компьютерная томография органов грудной клетки. Стрелками показан кальциноз кондуита

Figure 1. Thoracic computed tomography scan. Arrows indicate conduit calcinosis

либр ствола ЛА – 18 мм, правая ЛА – 9 мм, левая ЛА – 14 мм. Выраженный кальциноз кондуита (рис. 1). Учитывая клинические данные и данные исследований, консилиум принял решение о транскатетерном протезировании клапана ЛА.

Под общим наркозом пунктированы левые общая бедренная артерия (ОБА) и общая бедренная вена (ОБВ), установлены интродьюсеры 5F. В ПЖ и далее в ЛА заведен диагностический катетер для визуализации анатомии расположения выводного отдела ПЖ, протяженности кондуита и угла отхождения бифуркации ЛА, а также наличия стенозов в ЛА (рис. 2). Выполнено инвазивное измерение давления: ПЖ – 110/–5/45 мм рт. ст.; ЛА – 23/13/18 мм рт. ст.; аорта (АО) – 69/50/56 мм рт. ст. Градиент давления ПЖ/ЛА – 87 мм рт. ст. Далее в проекцию предполагаемого места имплантации клапана заведен измерительный баллон AcuMark™ Sizing Balloon LT-SZB-24 (Lifetech Inc.), а в восходящий отдел АО заведен диагностический катетер. Так как имплантированный клапан может перекрыть коронарные артерии ввиду их анатомической расположенности, проводят пробу с одномоментным раздутием баллона в кондуите и аортографией (рис. 3). Проба положительная, коронарные артерии (КА) проходимы, баллон в кондуите деформирован кальцинированными сужениями (так как измерительный

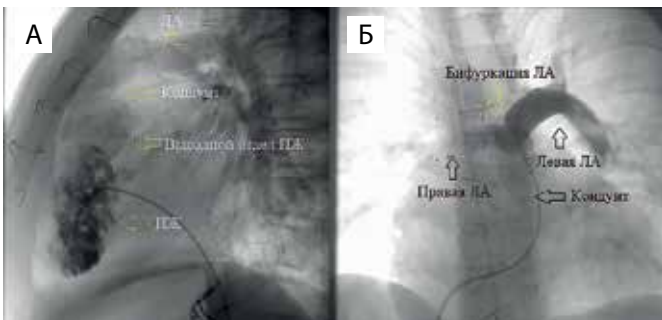


Рисунок 2. Визуализация для оценки анатомии расположения кондуита и легочной артерии: А) правая вентрикулография; Б) ангиография легочных артерий

Figure 2. Visualization to assess the anatomy of conduit and pulmonary artery location: A) right heart ventriculography; B) pulmonary angiography

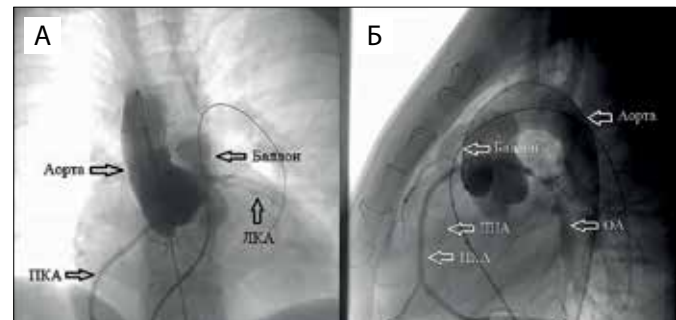


Рисунок 3. Проба с баллоном: А) прямая проекция (ПКА – правая коронарная артерия, ЛКА – левая коронарная артерия); Б) боковая проекция (ПНА – передняя нисходящая артерия, ОА – огибающая артерия)

Figure 3. Balloon test: A) frontal view (RCA – right coronary artery, LCA – left coronary artery); B) lateral view (ADA – anterior descending artery, CA – circumflex artery)

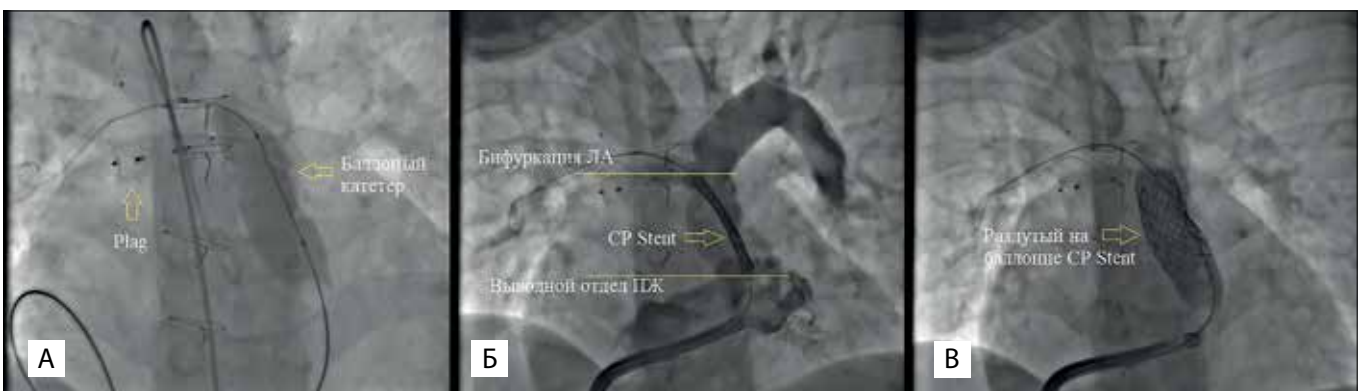


Рисунок 4. Имплантация CP Stent: А) дилатация кондуита до устранения перетяжек на баллоне, plug-девайс для эмболизации сосуда, состояние после эндоваскулярного закрытия больших аорто-легочных коллатералей; Б) позиционирование стента; В) имплантация стента в кондуит

Figure 4. CP Stent implantation: A) conduit dilatation before the elimination of the constrictions on the balloon, plug-device for embolization of the vessel, condition after endovascular closure of major aortopulmonary collateral arteries; B) stent positioning; B) implantation of a stent into a conduit

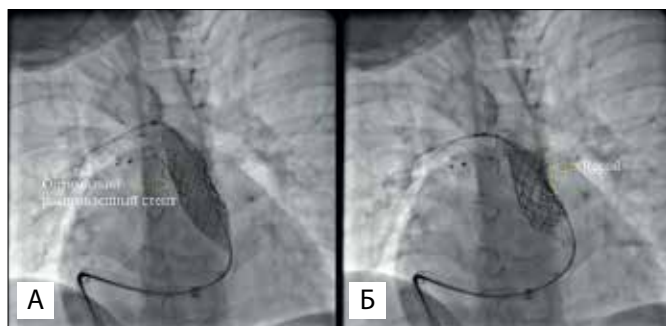


Рисунок 5. Проба с баллоном для визуализации Recoil: А) оптимально раскрытый стент; Б) проба отрицательная, дистальный отрезок стента деформирован  
 Figure 5. Recoil visualization balloon test: А) optimally opened stent; Б) the sample is negative, the distal segment of the stent is deformed

баллон эластичный). Дилатация кондуита баллонным катетером Atlas® Gold 18 × 40 мм (BARD Inc.) под давлением 6 атм. для устранения стенозов перед имплантацией стента (рис. 4а). Перед имплантацией клапана необходимо создать армированный каркас в кондуите, который будет препятствовать деформации клапана. Смена интродьюсера в левой ОБВ на доставляющий катетер 14F, по которому в проекцию кондуита под бифуркацию ЛА заведен и имплантирован Covered CP Stent 45 мм (NuMED Inc.) (обязательно имплантируется покрытый стент для предотвращения геморрагических осложнений) на баллоне системы ViB 18 × 45 мм (NuMED Inc.) (рис. 4 б, в). После имплантации стента раздувают баллонный катетер в стенте, чтобы визуализировать Recoil (после дефляции баллона раскрытый стент может на пару миллиметров сжаться, что недопустимо при имплантации клапана). В нашем случае после дефляции баллона дистальный отрезок стента немного сжался (рис. 5). При наличии ригидных стенозов в кондуите иногда требуется имплантация дополнительного стента.

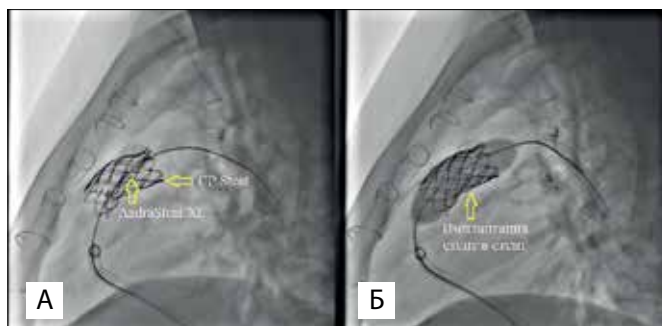


Рисунок 6. Имплантация AndraStent XL: А) позиционирование стента; Б) имплантация стента  
 Figure 6. AndraStent XL implantation: А) stent positioning; Б) stent implantation

В проекцию ранее имплантированного стента заведен и имплантирован AndraStent XL 30 мм на баллоне системы ViB 18 × 45 мм (рис. 6). После создания каркаса выполняется ангиография для визуализации устьев ЛА (рис. 7а). Далее в проекцию ранее имплантированных стентов заводится собранный в доставляющую систему клапан Melody 22 мм и имплантируется при помощи инфляции баллонного катетера (рис. 7 б, в). После имплантации клапана выполняется аортография на предмет проходимости КА – КА проходимость (рис. 8а). На контрольной ангиопульмонографии: замыкательная функция клапана сохранена, ЛА проходима (рис. 8б). Измерение давления: ЛА – 52/18/28 мм рт. ст.; ПЖ – 71/4/28 мм рт. ст.; АО – 72/42/52 мм рт. ст. Градиент давления ПЖ/ЛА – 19 мм рт. ст. Интродьюсеры из левых ОБА и ОБВ удалены. Гемостаз. Давящая асептическая повязка.

Послеоперационный период осложнился атрио-вентрикулярной блокадой 3-й степени с восстановлением синусового ритма на вторые сутки после операции. Пациент находился в отделении реанимации

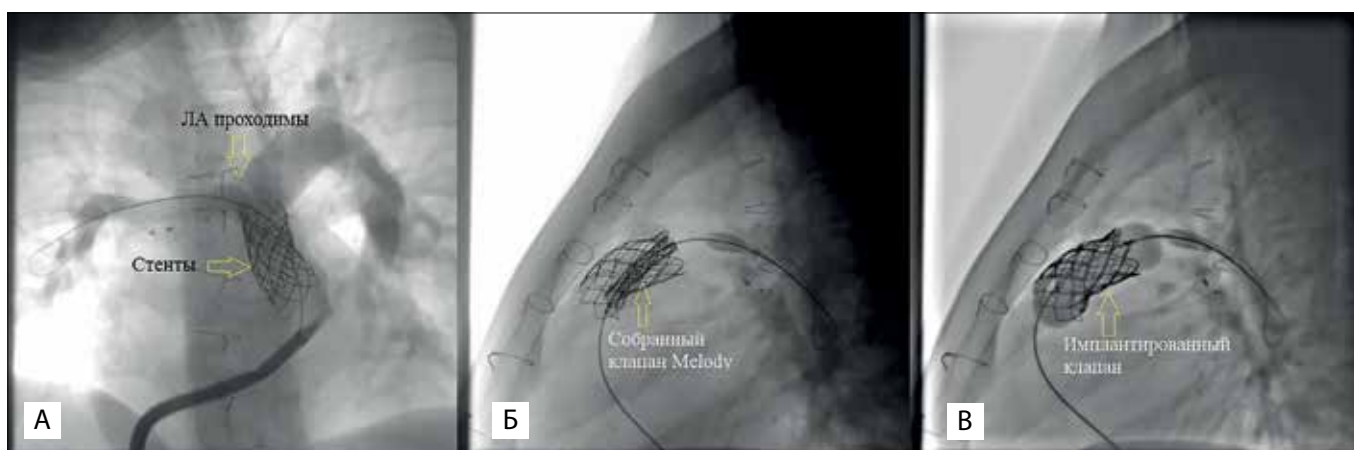


Рисунок 7. Ангиография и имплантация клапана Melody 22 мм: А) ангиография легочной артерии для контроля; Б) позиционирование клапана; В) имплантация клапана  
 Figure 7. Angiography and implantation of 22 mm Melody valve: А) control pulmonary angiography; Б) valve positioning; В) valve implantation

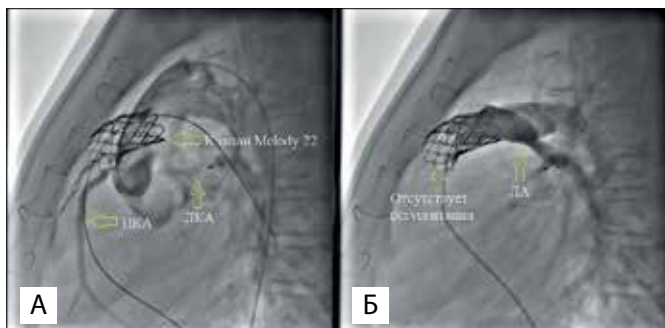


Рисунок 8. Контрольные ангиографии: А) аортография: коронарные артерии проходимы; Б) ангиография легочных артерий: замыкательная функция клапана сохранена, легочные артерии проходимы

Figure 8. Control angiography: А) aortography: coronary arteries are passable; Б) pulmonary angiography: the valve closure function is preserved, the pulmonary arteries are passable

одни сутки, далее переведен в палату кардиохирургического отделения.

Пациент выписан через 14 дней в стабильном состоянии. Сатурация  $O_2$  – 99%, АД – 95/55 мм рт. ст. На контрольной ЭХО-КГ: фракция выброса ЛЖ 67%, V на ЛА – 2–3 м/с,  $P_{тр}$  – 15 мм рт. ст.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Транскатетерное протезирование клапана ЛА обладает рядом преимуществ перед открытым хирургическим вмешательством. Малоинвазивность процедуры позволяет выполнять жизненно необходимую коррекцию порока даже у тяжелых пациентов, имеющих признаки недостаточности кровообращения, и облегчает течение послеоперационного и реабилитационного периодов. Отсутствие необходимости в искусственном кровообращении и ассоциированной с ним гемотрансфузии нивелирует риск характерных осложнений.

По мере взросления и развития пациента происходит увеличение диаметра всех его магистральных сосудов, в том числе и ЛА. Со временем диаметр имплантированного клапана оказывается меньше диаметра ЛА, что влияет на гемодинамику легочного кровотока. Повторная дилатация клапана баллоном большего диаметра позволяет оптимизировать его размеры даже спустя годы после имплантации. Это позволяет избежать множества вынужденных повторных хирургических вмешательств.

Как и любое эндоваскулярное вмешательство, транскатетерное протезирование клапана ЛА связано с определенными рисками. К нефатальным рискам следует отнести возникновение различных аритмий, парапротезную регургитацию, контраст-индуцированную нефропатию и др. Среди жизнеугрожающих осложнений наиболее опасны сдавление коронарной артерии (5–6%) и сдавление корня аорты, которое

может стать причиной тяжелой аортальной регургитации (10%) [17–19]. Бактериальный эндокардит является отдаленным осложнением, связанным с использованием клапана, и требует дальнейшего изучения для выявления факторов риска и определения мер профилактики [16, 20].

Основной причиной дисфункции клапана Melody считается перелом стента, на котором закреплен клапан [21]. Введение в широкую практику предварительного стентирования кондуита практически устранило эту проблему, о чем свидетельствует низкий уровень гемодинамически значимых переломов (1/99) и 96,9% исправно работающих клапанов, наблюдаемых в США [21]. Кроме того, исследование IDE показало, что у пациентов без значительного перелома стента функция клапана сохранялась до 7 лет после имплантации [16].

К недостаткам данной методики также относят возможные дегенеративные изменения транскатетерных клапанных протезов. Поскольку сегмент яремной вены быка, применяемый для создания клапанов Melody, является биологическим материалом, он также подвержен дегенеративным изменениям. В связи с тем что имплантация клапана осуществляется непосредственно в кальцинированный и дегенеративно измененный конduit, в некоторых случаях не удается добиться полного устранения стеноза гомографта, а турбулентный кровоток, формирующийся в местах даже незначительного сужения, создает дополнительные предпосылки для дегенерации имплантируемого стент-клапана [22].

Транскатетерная имплантация легочного клапана в конduit позволяет надолго отсрочить повторные операции по замене кондуита [23]. Множество исследований, посвященных применению транскатетерного клапана Melody, демонстрируют хорошие краткосрочные [24–26] и отдаленные [16, 27, 28] гемодинамические и клинические результаты. Повторные вмешательства в течение 5 лет составляют 10% [14, 29]. Таким образом, клапан Melody может быть фактически сопоставим по долговечности с доступными в настоящее время гомографтами и биологическими клапанами [24].

## ВЫВОДЫ

Транскатетерное протезирование клапана ЛА является инновационной и перспективной технологией в лечении врожденных пороков сердца – оно кардинально изменило подход к лечению пациентов с обструкцией выводного тракта ПЖ во всем мире. Благодаря данной методике у множества пациентов функция выводного отдела правого желудочка и клапана легочной артерии может быть эффективно восстановлена без хирургической операции в условиях искусственного кровообращения.

Результаты множества крупных международных исследований свидетельствуют о высокой эффективности и относительной безопасности транскатетерного протезирования клапана легочной артерии.

Мы убеждены, что широкое внедрение данной методики в клиническую практику способно улучшить качество жизни и увеличить выживаемость у данной категории пациентов.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Фаассен М.В. RAS-патии: синдром Нуна и другие родственные заболевания. Обзор литературы. *Проблемы эндокринологии*. 2014;60:45–52. doi:10.14341/probl201460645-52 [Faassen MV. RAS-pathies: Noonan syndrome and other related diseases. Literature review. *Probl Endokrinol*. 2014;60:45–52. (In Russ.) doi:10.14341/probl201460645-52]
2. Kan JS, White RI, Mitchell SE, Gardner TJ. Percutaneous balloon valvuloplasty: a new method for treating congenital pulmonary-valve stenosis. *N Engl J Med*. 1982;307:540–2. PMID: 7099226. doi:10.1056/nejm198208263070907
3. Wang ShZ, Ou-Yang WB, Hu ShSh, et al. First-in-human percutaneous balloon pulmonary valvuloplasty under echocardiographic guidance only. *Congenit Heart Dis*. 2016;11:716–20. PMID: 27346469. doi:10.1111/chd.12380
4. Пахолков А.Н., Суслов Е.С., Лашевич К.А., Федорченко А.Н., Порханов В.А. Стентирование открытого артериального протока у новорожденного с дуктус-зависимым легочным кровотоком гибридным методом. *Эндоваскулярная хирургия*. 2019;3:263–8. [Pakholkov AN, Suslov ES, Lashevich KA, Fedorchenko AN, Porhanov VA. Stenting of the patent ductus arteriosus in a neonate with duct-dependent pulmonary blood flow. *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2019;3:263–8. (In Russ.)]
5. Сойнов И.А., Журавлева И.Ю., Кулябин Ю.Ю. и др. Клапансодержащие кондуиты в детской кардиохирургии. *Хирургия*. 2018;1:75–81. PMID: 29376963. doi:10.17116/hirurgia2018175-81 [Soynov IA, Zhuravleva IYu, Kulyabin YuYu, et al. Valved conduits in pediatric cardiac surgery. *Khirurgiia (Mosk)*. 2018;1:75–81. (In Russ.) PMID: 29376963. doi:10.17116/hirurgia2018175-81]
6. Черноглаз П.Ф., Савчук А.И., Шевченко Н.С. и др. Транскатетерная имплантация клапана легочной артерии «Melody». *Научные стремления*. 2018;24:74–6. doi:10.31882/2311-4711.2018.24.21 [Chernoglaz PF, Savchuk AI, Shevchenko NS, et al. Transcatheter implantation of the pulmonary artery valve “Melody”. *Scientific Aspirations*. 2018;24:74–6. (In Russ.) doi:10.31882/2311-4711.2018.24.21]
7. Butany J, Feng T, Luk A, Law K, Suri R, Nair V. Modes of failure in explanted mitroflow pericardial valves. *Ann Thorac Surg*. 2011;92:1621–7. PMID: 21944438. doi:10.1016/j.athoracsur.2011.06.092
8. Bonhoeffer P, Boudjemline Y, Saliba Z, et al. Percutaneous replacement of pulmonary valve in a right-ventricle to pulmonary-artery prosthetic conduit with valve dysfunction. *Lancet*. 2000;356:1403–5. PMID: 11052583. doi:10.1016/s0140-6736(00)02844-0
9. Feltes TF, Bacha E, Beekman RH, et al. Indications for cardiac catheterization and intervention in pediatric cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2011;123:2607–52. PMID: 21536996. doi:10.1161/cir.0b013e31821b1f10
10. Gillespie MJ, Rome JJ, Levi DS, et al. Melody valve implant within failed bioprosthetic valves in the pulmonary position:

a multicenter experience. *Circ Cardiovasc Interv*. 2012;5:862–70. PMID: 23212395. doi:10.1161/circinterventions.112.972216

11. Webb JG, Wood DA, Ye J, et al. Transcatheter valve-in-valve implantation for failed bioprosthetic heart valves. *Circulation*. 2010;121:1848–57. PMID: 20385927. doi:10.1161/circulationaha.109.924613

12. McElhinney DB, Hennesen JT. The Melody<sup>(R)</sup> valve and Ensemble<sup>(R)</sup> delivery system for transcatheter pulmonary valve replacement. *Ann N Y Acad Sci*. 2013;1291:77–85. PMID: 23834411. PMID: PMC3910161. doi:10.1111/nyas.12194

13. Zahn EM, Hellenbrand WE, Lock JE, McElhinney DB. Implantation of the Melody transcatheter pulmonary valve in patients with a dysfunctional right ventricular outflow tract conduit: early results from the U.S. clinical trial. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54:1722–9. PMID: 19850214. doi:10.1016/j.jacc.2009.06.034

14. McElhinney DB, Hellenbrand WE, Zahn EM, et al. Short- and medium-term outcomes after transcatheter pulmonary valve placement in the expanded multicenter US Melody valve trial. *Circulation*. 2010;122:507–16. PMID: 20644013. PMID: PMC4240270. doi:10.1161/circulationaha.109.921692

15. Armstrong AK, Balzer DT, Cabalka AK, et al. One-year follow-up of the Melody transcatheter pulmonary valve multicenter post-approval study. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7:1254–62. PMID: 25459038. doi:10.1016/j.jcin.2014.08.002

16. Cheatham JP, Hellenbrand WE, Zahn EM, et al. Clinical and hemodynamic outcomes up to 7 years after transcatheter pulmonary valve replacement in the US Melody valve Investigational Device Exemption trial. *Circulation*. 2015;131:1960–70. PMID: 25944758. doi:10.1161/circulationaha.114.013588

17. Fraisse A, Assaidi A, Mauri L, et al. Coronary artery compression during intention to treat right ventricle outflow with percutaneous pulmonary valve implantation: incidence, diagnosis, and outcome. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2014;83:E260–8. PMID: 24619978. doi:10.1002/ccd.25471

18. Marray BH, McElhinney DB, Cheatham JP, et al. Risk of coronary artery compression among patients referred for transcatheter pulmonary valve implantation: a multicenter experience. *Circ Cardiovasc Interv*. 2013;6:535–42. PMID: 24065444. doi:10.1161/circinterventions.113.000202

19. Lindsay I, Aboulhosn J, Salem M, Levi D. Aortic root compression during transcatheter pulmonary valve replacement. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2016;88:814–21. PMID: 27121036. doi:10.1002/ccd.26547

20. McElhinney DB, Benson LN, Eicken A, Kreutzer J, Padera RF, Zahn EM. Infective endocarditis after transcatheter pulmonary valve replacement using the Melody valve: combined results of 3 prospective North American and European studies. *Circ Cardiovasc Interv*. 2013;6:292–300. PMID: 23735475. doi:10.1161/circinterventions.112.000087

21. Asnes J, Hellenbrand WE. Evaluation of the Melody transcatheter pulmonary valve and Ensemble delivery system for the treatment of dysfunctional right ventricle to pulmonary artery conduits. *Expert Rev Med Devices*. 2015;12:653–65. PMID: 26513599. doi:10.1586/17434440.2015.1102050

22. Данилов Т.Ю. Транскатетерное протезирование клапана легочной артерии. *Детские болезни сердца и сосудов*. 2010;2:11–5. [Danilov TYu. Transcatheter prosthesis of the pulmonary valve. *Detskiye bolezni serdtsa i sosudov*. 2010;2:11–5. (In Russ.)]

23. Aupècle B, Serraf A, Belli E, et al. Intermediate follow-up of a composite stentless porcine valved conduit of bovine pericardium in the pulmonary circulation. *Ann Thorac Surg*. 2002;74:127–32. PMID: 12118743. doi:10.1016/s0003-4975(02)03639-1

24. Coats L, Khambadkone S, Derrick G, et al. Physiological and clinical consequences of relief of right ventricular outflow tract obstruction late after repair of congenital heart defects. *Circulation*. 2006;113:2037–44. PMID: 16636174. doi:10.1161/circulationaha.105.591438

25. Plymen CM, Bolger AP, Lurz Ph, et al. Electrical remodeling following percutaneous pulmonary valve implantation. *Am J Cardiol*. 2011;107:309–14. PMID: 21211609. doi:10.1016/j.amjcard.2010.09.017

26. Khambadkone S, Coats L, Taylor A, et al. Percutaneous pulmonary valve implantation in humans: results in 59 consecutive patients. *Circulation*. 2005;112:1189–97. PMID: 16103239. doi:10.1161/circulationaha.104.523266

27. Morray BH, McElhinney DB, Boudjemline Yo, et al. Multicenter experience evaluating transcatheter pulmonary valve replacement in bovine jugular vein (contegra) right ventricle to pulmonary artery conduits. *Circ Cardiovasc Interv*. 2017;10(6):e004914. PMID: 28600328. doi:10.1161/circinterventions.116.004914

28. Lurz P, Nordmeyer J, Giardini A, et al. Early versus late functional outcome after successful percutaneous pulmonary valve implantation: are the acute effects of altered right ventricular loading all we can expect? *J Am Coll Cardiol*. 2011;57:724–31. PMID: 21292132. doi:10.1016/j.jacc.2010.07.056

29. McElhinney DB, Cheatham JP, Jones TK, et al. Stent fracture, valve dysfunction, and right ventricular outflow tract reintervention after transcatheter pulmonary valve implantation: patient-related and procedural risk factors in the US Melody valve trial. *Circ Cardiovasc Interv*. 2011;4:602–14. PMID: 22075927. doi:10.1161/circinterventions.111.965616

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Пахолков Андрей Николаевич**, врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). ORCID ID: 0000-0002-3042-0992. E-mail: andrei\_298@mail.ru

**Суслов Евгений Сергеевич**, врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). ORCID ID: 0000-0002-5662-1864

**Лашевич Кирилл Андреевич**, врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). ORCID ID: 0000-0003-0492-0739

**Карахалис Николай Борисович**, к. м. н., заведующий отделением реанимации и анестезиологии №9, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского; доцент кафедры анестезиологии, реаниматологии и трансфузиологии факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). ORCID ID: 0000-0002-6266-4799

**Серова Татьяна Викторовна**, врач-кардиолог отделения кардиохирургии №1, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия)

**Ефимочкин Георгий Алексеевич**, врач – сердечно-сосудистый хирург отделения кардиохирургии №1, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). ORCID ID: 0000-0001-7777-7457

**Федорченко Алексей Николаевич**, д. м. н., заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). ORCID ID: 0000-0001-5589-2040

**Борисков Максим Валентинович**, к. м. н., заведующий отделением кардиохирургии №1, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия)

**Порханов Владимир Алексеевич**, академик РАН, д. м. н., профессор, главный врач, НИИ – ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского; заведующий кафедрой онкологии с курсом торакальной хирургии ФПК и ППС, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). ORCID ID: 0000-0003-0572-1395

## Финансирование

*Исследование не имело спонсорской поддержки.*

## Конфликт интересов

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

## AUTHOR CREDENTIALS

**Andrey N. Pakholkov**, Surgeon, X-ray Diagnostics and Treatment Department, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1 (Krasnodar, Russia). ORCID ID: 0000-0002-3042-0992. E-mail: andrei\_298@mail.ru

**Evgeny S. Suslov**, Surgeon, X-ray Diagnostics and Treatment Department, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1 (Krasnodar, Russia). ORCID ID: 0000-0002-5662-1864

**Kirill A. Lashevich**, Surgeon, X-ray Diagnostics and Treatment Department, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1 (Krasnodar, Russia). ORCID ID: 0000-0003-0492-0739

**Nikolay B. Karakhalis**, Cand. of Sci. (Med.), Head of Anaesthesiology and Resuscitation Department #9, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1; Associate Professor, Anaesthesiology, Resuscitation and Transfusiology Department for Advanced Training, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia). ORCID ID: 0000-0002-6266-4799

**Tatyana V. Serova**, Cardiologist, Cardiac Surgery Department #1, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1 (Krasnodar, Russia)

**Georgii A. Efimochkin**, Cardiovascular Surgeon, Cardiac Surgery Department #1, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1 (Krasnodar, Russia). ORCID ID: 0000-0001-7777-7457

**Alexey N. Fedorchenko**, Dr. or Sci. (Med.), Head of X-ray Surgery Department, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1 (Krasnodar, Russia). ORCID ID: 0000-0001-5589-2040

**Maksim V. Boriskov**, Cand. of Sci. (Med.), Head of Cardiac Surgery Department #1, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1 (Krasnodar, Russia)

**Vladimir A. Porhanov**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Chief Doctor of Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital #1; Head of the Department of Oncology with the Course of Thoracic Surgery Faculty of Advanced Training and Professional Retraining of Specialists, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia). ORCID ID: 0000-0003-0572-1395

**Funding:** *the study did not have sponsorship.*

**Conflict of interest:** *none declared.*