

© CC BY Коллектив авторов, 2022
УДК [616.132-089.28-089.843]-053.2
DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-4-71-76

НЕПОСРЕДСТВЕННЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОРНЯ АОРТЫ У РЕБЕНКА ДЕЦЕЛЛЮЛЯРИЗИРОВАННЫМ КЛАПАНСОДЕРЖАЩИМ АЛЛОГРАФТОМ

А. В. Нохрин*, В. А. Болсуновский, Е. С. Кулемин, Т. Л. Корнишина, Е. В. Тризна,
Л. Л. Попова, Е. М. Гвоздь, Д. О. Иванов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Поступила в редакцию 30.03.2022 г.; принята к печати 28.12.2022 г.

Кардиохирургия аортального клапана у пациентов раннего возраста является актуальной проблемой. Выполнение открытой аортальной комиссуротомии и плоскостной резекции створок в период новорожденности позволяют получить субоптимальные результаты и отложить последующие вмешательства на неопределенный срок. При неудовлетворительном результате открытой аортальной комиссуротомии у детей первых лет жизни возникает необходимость поиска оптимальной хирургической тактики. В представленной статье описана методика протезирования корня аорты децеллюляризованным аллогraftом у ребенка 14 месяцев жизни. Хороший непосредственный результат операции связан со способностью аллогraftа обеспечить физиологическую гемодинамику в аортальной позиции. Преимущества описанной методики – это снижение времени и сложности оперативного вмешательства, возможность сохранения собственного легочного клапана, вероятность рециеллюляризации и возможность роста трансплантата с ростом ребенка. Именно поэтому следует рассматривать представленную методику как альтернативу операции Росса, особенно при наличии анатомических противопоказаний к ней.

Ключевые слова: врожденный аортальный стеноз, аллогraft, децеллюляризация

Для цитирования: Нохрин А. В., Болсуновский В. А., Кулемин Е. С., Корнишина Т. Л., Тризна Е. В., Попова Л. Л., Гвоздь Е. М., Иванов Д. О. Непосредственный результат протезирования корня аорты у ребенка децеллюляризованным клапаносодержащим аллогraftом. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2022;181(4):71–76. DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-4-71-76.

* **Автор для связи:** Андрей Валерьевич Нохрин, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, 194100, Россия, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: cardio.gpmu@mail.ru.

THE IMMEDIATE RESULT OF REPLACING THE AORTIC ROOT WITH A DECELLULARIZED VALVE-CONTAINING ALLOGRAFT IN A CHILD

Andrey V. Nokhrin*, Vladimir A. Bolsunovsky, Evgeny S. Kulemin, Tatiana L. Kornishina,
Evgeny V. Trizna, Lilia L. Popova, Egor M. Gvozdz, Dmitry O. Ivanov

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

Received 30.03.2022; accepted 28.12.2022

Cardiac surgery of the aortic valve in pediatric patients is an urgent problem. Performing an open aortic commissurotomy and planar resection of the valves during the newborn period allows to obtain suboptimal results and postpone subsequent interventions indefinitely. With an unsatisfactory result of open aortic commissurotomy in children of the first years of life, the need to search for optimal surgical tactics arises. The presented article describes the technique of replacing the aortic root with a decellularized valve-containing allograft in a child of 14 months of life. A good immediate result of the operation is associated with the ability of the allograft to provide physiological hemodynamics in the aortic position. The advantages of the described technique are the reduction in the time and complexity of surgical intervention, the possibility of preserving own pulmonary valve, the probability of recellularization and the possibility of graft growth with the growth of the child. That is precisely why the presented technique should be considered as an alternative to Ross surgery, especially if there are anatomical contraindications to it.

Keywords: congenital aortic stenosis, allograft, decellularization

For citation: Nokhrin A. V., Bolsunovsky V. A., Kulemin E. S., Kornishina T. L., Trizna E. V., Popova L. L., Gvozdz E. M., Ivanov D. O. The immediate result of replacing the aortic root with a decellularized valve-containing allograft in a child. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2022;181(4):71–76. (In Russ.). DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-4-71-76.

* **Corresponding author:** Andrey V. Nokhrin, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 2, Litovskaya str., Saint Petersburg, 194100, Russia. E-mail: cardio.gpmu@mail.ru.

Введение. Кардиохирургия аортального клапана у пациентов раннего возраста является актуальной проблемой. Выполнение открытой аортальной комиссуротомии и плоскостной резекции створок в период новорожденности позволяет получить субоптимальные результаты и отложить последующие вмешательства на неопределенный срок. Из-за наблюдаемых анатомических ограничений у данной категории пациентов выбор методики повторной операции является сложной задачей. Наиболее распространенным вариантом вмешательства является операция Росса, позволяющая снизить вероятность повторных операций по причине сохраняющегося роста аутоотрансплантата. В то же время, высокая вероятность развития периоперационных осложнений в сочетании с невозможностью выполнения аутоотрансплантации по различным анатомическим причинам или вследствие предыдущих операций, а также высокий процент формирования патологических изменений имплантированного «неоаортального» графта в отдаленном периоде, включая дилатацию корня аорты и стенозирование коронарных артерий, необходимость замены легочного кондуита – не позволяют однозначно рассматривать операцию Росса в качестве оптимальной практики. Применение механических протезов аортального клапана определяет необходимость постоянного приема детьми антикоагулянтной терапии и связано с ее комплаентностью, высокими рисками тромбоза протеза, нарушениями мозгового кровообращения, а также кровотечениями. Использование биологических протезов, несмотря на значительный прогресс в технологии их производства, до сих пор ограничено первичной деградацией с кальцификацией биоткани в течение нескольких лет после имплантации, требующей замены. Кроме того, применение как механических, так и биологических протезов у пациентов раннего возраста часто ограничено ввиду отсутствия промышленных моделей малого диаметра (менее 15 мм). Применение децеллюляризованных клапаносодержащих аллотрансплантатов может быть альтернативным выбором при лечении патологии аортального клапана, требующей его замены у пациентов раннего детского возраста.

Клиническое наблюдение. Пациент К. поступил в клинику в возрасте 1 года 2 месяцев в связи с повторным стенозом аортального клапана. Ранее ребенок был оперирован в периоде новорожденности по поводу врожденного стеноза двухстворчатого аортального клапана (градиент давления пиковый/средний = 66/46 мм рт. ст.) и дефекта межжелудочковой перегородки. Проведена операция – открытая аортальная комиссуротомия, плоскостная резекция створок аортального клапана, ушивание дефекта межжелудочковой перегородки и открытого овального окна. Ребенок выписан под наблюдение по месту жительства. Через один год, на момент текущей госпитализации, вес и рост ребенка составили 10,4 кг и 76 см. Родители отмечали тахипное, усталость при незначительной физической нагрузке. При аускультации сердца: грубый систо-

лический шум во 2-м межреберном промежутке слева, проводится на сосуды шеи, II тон ослаблен. Электрокардиография выявила признаки гипертрофии и перегрузки левого желудочка. Клинические проявления рестеноза аортального клапана подтверждены данными эхокардиографического исследования (ЭХОКГ): левый желудочек гипертрофирован (конечно-диастолический размер 24 мм, толщина межжелудочковой перегородки 6 мм), фракция выброса левого желудочка сохранена. Регургитация митрального клапана I степени. Систолическое давление правого желудочка 26 мм рт. ст. Аортальный клапан: фиброзное кольцо/синус/синотубулярное соединение = 9/12/7 мм, раскрытие створок неполное, максимальная скорость потока 4,5 м/с, градиент давления 84/46 мм рт. ст. Данных за гипоплазию дуги аорты не получено. По данным компьютерной томографии с контрастированием (МСКТ) в проекции клапана аорты прослеживается неравномерное утолщение створок аортального клапана (рис. 1). Фиброзное кольцо аортального клапана составило 11×10 мм, выходной отдел левого желудочка сужен до 9 мм, на уровне синотубулярного соединения – 9,5 мм, на уровне синусов корня аорты – 14×15 мм. Восходящий отдел аорты 12,5 мм. Выраженное утолщение стенки МЖП выводного отдела левого желудочка: 7 мм, толщина свободной стенки МЖП составила 9 мм.

Учитывая отрицательную динамику клинических проявлений, подтвержденную дополнительными данными эхокардиографии и МСКТ, выполнено протезирование корня аорты клапаносодержащим децеллюляризованным бicuspidализованным легочным аллогraftом диаметром 12 мм с расширением выводного отдела левого желудочка по Конну в условиях искусственного кровообращения. Используемый «клапаносодержащий» корень аорты был индивидуально спроектирован и подготовлен в соответствии с полученными индивидуальными анатомическими размерами по МСКТ специалистами предприятия «Кардиостар» (Санкт-Петербург).

Описание операции. После проведения срединной продольной рестернотомии выполнено подключение искусственного кровообращения по методике: аорта, верхняя полая вена, нижняя полая вена. Кардиоплегия раствором «Кустодиол» в корень аорты. Выполнена поперечная аортотомия (рис. 2). При ревизии аортального клапана выявлено: две створки, которые деформированы грубым фиброзом, комиссуры свободные от стеноза. Корень аорты иссечен с выделением коронарных артерий на площадках (рис. 3). Выводной отдел пропускает буж 9 мм. Выполнено рассечение выводного отдела левого желудочка (ВОЛЖ) по Конну. Выводной отдел левого желудочка пропускает расчетный буж 12 мм. Подготовлен клапаносодержащий двустворчатый децеллюляризованный аллогraft 12 мм (рис. 4) и непрерывным обвивным швом имплантирован в корень аорты (рис. 5). Сформирован укрепляющий шов через стенку ВОЛЖ и боковую стенку аллогraftа. Коронарные артерии имплантированы в корень аорты на площадках (рис. 6). Сформирован анастомоз с восходящим отделом аорты (рис. 7). Окончание искусственного кровообращения. Грудина сведена, мягкие ткани ушиты. По данным интраоперационного чреспищеводного эхокардиографического исследования систолический градиент на имплантированном аллогraftе составил 18 мм рт. ст., систолическая скорость потока через корень аорты составила 2,27 м/с. Коаптация створок хорошая, регургитация отсутствует. Функция ЛЖ сохранена. Время пережатия аорты составило 135 мин, искусственного кровообращения – 170 мин. Ребенок через 24 часа после операции экстубирован и переведен в отделение для реабилитации. Через 18 дней после операции выписан под наблюдение детского кардиолога по месту жительства. По данным ЭХОКГ исследования перед выпиской: сократительная способность миокарда сохранена.



а



б

Рис. 1. Мультиспиральная компьютерная томография с контрастированием сердца: а – продольный срез через выводной отдел левого желудочка для оценки анатомии и размеров корня аорты; б – поперечный срез через фиброзное кольцо аортального клапана
Fig. 1. Multispiral computed tomography with heart contrast: а – longitudinal section through the left ventricle outflow tract, to assess the anatomy and size of the aortic root; б – cross-section through the fibrous ring of the aortic valve

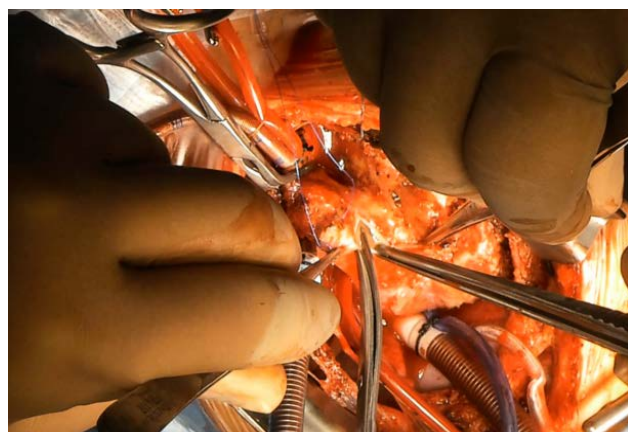


Рис. 2. Поперечная аортотомия
Fig. 2. Transverse aortotomy

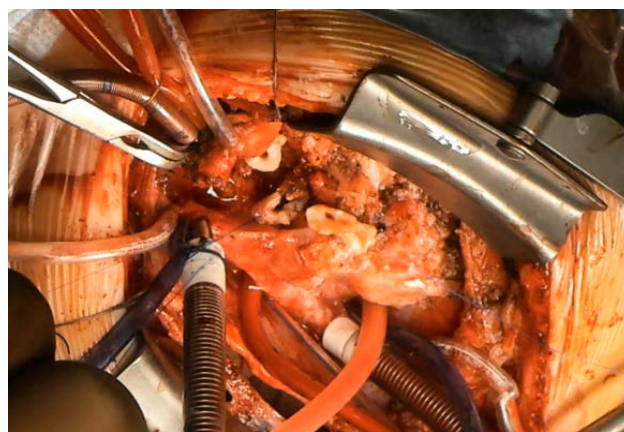


Рис. 3. Коронарные артерии выделены на площадках, аортальный клапан иссечен
Fig. 3. Coronary arteries are allocated at the sites, the aortic valve is excised



Рис. 4. Подготовка бикуспидализированного аллотрансплантата к имплантации
Fig. 4. Preparation of bicuspidalized allograft for implantation



Рис. 5. Имплантация бикуспидализированного аллотрансплантата в корень аорты, восстановление целостности места разреза по Конну манжетой кондуита
Fig. 5. Implantation of a bicuspidalized allograft into the aortic root, restoration of the integrity of the incision site along the Konn by the conduit cuff



Рис. 6. Реимплантация устьев коронарных артерий

Fig. 6. Reimplantation of coronary artery ostium

Сохраняется умеренная гипертрофия миокарда левого желудочка. Фракция выброса левого желудочка составила 67 %. Незначительная митральная и трикуспидальная регургитация. Расчетное давление в правом желудочке 20 мм рт. ст. Протез корня аорты имел следующие характеристики: в проекции фиброзного кольца аортального клапана диаметр 12 мм, максимальная скорость 2,25 м/с. Градиент давления пиковый/средний составил 25/12 мм рт. ст. Регургитация отсутствует. V max на уровне перешейка аорты 1,3 м/с.

Обсуждение. Считается, что клеточные компоненты используемых в сердечно-сосудистой хирургии алло- и ксенографтов являются фактором, способствующим их антигенности, и могут приводить к развитию кальцификации и различным иммунологическим реакциям. С целью создания материала, обладающего иммунологической инертностью и схожего по структурным и функциональным характеристикам с поврежденным компонентом сердца, было предложено использование технологии децеллюляризации тканей. Первое применение децеллюляризованных аллотрансплантатов как для взрослых, так и для детей, преимущественно в позиции легочной артерии, началось более 50 лет назад и сопровождалось обнадеживающими клиническими результатами, показывающими меньшую частоту эксплантации и более низкие трансклапанные градиенты, в том числе в сравнении с криоконсервированными гомотрансплантатами и кондуитами яремной вены крупного рогатого скота [10].

Возможность использования моделей гомографтов, созданных с учетом индивидуальных анатомических особенностей конкретного пациента; моделей легочных гомографтов, модифицированных для аортальной позиции с гарантированной запирающей функцией клапана и нулевым трансклапанным градиентом; моделей с максимально иссеченным мышечным слоем обеспечивает простоту имплантации и способствует увеличению долговечности имплантированного клапана [14].

Сниженная иммуногенность децеллюляризованных гомотрансплантатов аорты теоретически может привести к большей долговечности, чем

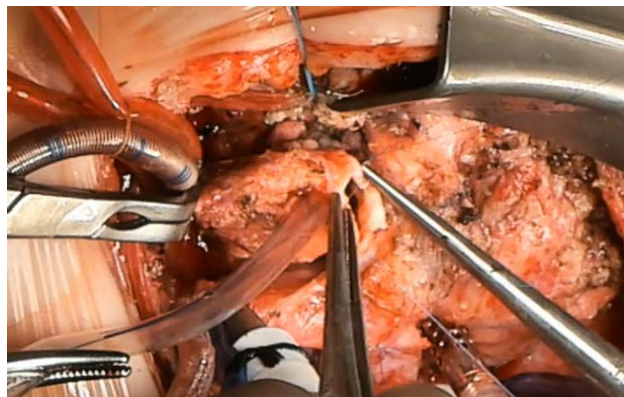


Рис. 7. Восстановление целостности восходящей аорты

Fig. 7. Restoring the integrity of the ascending aorta

другие альтернативные биологические клапаны при протезировании аортального клапана. Исследование I. Tudorache et al. [4] на лабораторных животных продемонстрировало способность децеллюляризованных аллотрансплантатов аорты в системном положении и меньшую дегенерацию и кальцификацию по сравнению с обычными криоконсервированными аллотрансплантатами. Клинические данные, полученные при использовании децеллюляризованных аллотрансплантатов аорты, также демонстрируют безопасность и воспроизводимость данной хирургической методики и у взрослых, и у детей.

В то же время ряд авторов высказывается за более высокую частоту дегенерации децеллюляризованных аллотрансплантатов у педиатрических пациентов. А. Horke et al. [5] в своем исследовании выявили снижение возраста детей, которым были выполнены повторные операции, в среднем до 5,9 лет, с 10 лет во всей когорте пациентов после протезирования аортального клапана. По мнению авторов, причина полученных результатов объясняется тем, что среди пациентов, которым выполнялось протезирование децеллюляризованным клапаносодержащим аллотрансплантатом, имелись более сложная анатомическая структура порока и наличие нескольких операций в анамнезе. Наличие остаточной обструкции выходного отдела левого желудочка, в свою очередь, способствует возникновению турбулентного потока, негативно влияющего как на структуры аллотрансплантата, так и на спонтанную рецеллюляризацию.

Операции Росса и Росса–Конна, являющиеся стандартными при лечении тяжелых аномалий аортального клапана в детском возрасте, помимо относительной сложности процедуры приводят к риску развития гемодинамических изменений в отдаленном периоде как на уровне аортального клапана, так и в позиции клапана легочной артерии, увеличивая вероятность и сроки выполнения повторного хирургического вмешательства [3, 11]. Применение обычного гомотрансплантата аорты

при патологии аортального клапана встречается в единичных публикациях в мировой литературе, при этом результаты их использования не сопоставлялись с отдаленными исходами операции Росса у детей. В связи с этим применение децеллюляризованных аллотрансплантатов у детей раннего возраста имеет главное преимущество, которое позволяет избежать влияния на клапан легочной артерии, уменьшить время выполнения операции, ее сложность и, как следствие, улучшить результаты лечения пациентов [4, 5].

Наряду с потенциальным снижением дегенерации трансплантата на фоне уменьшения иммунологического ответа, биоинженерные клапаны, полученные из децеллюляризованной ткани, могут обладать способностью репопуляции собственными клетками организма с последующей возможностью роста и восстановления, что является лучшей альтернативой биологическим и механическим клапанам, особенно при использовании в детской кардиохирургии [12]. Однако полная аутологическая рецеллюляризация децеллюляризованных клапанов сердца в настоящее время не реализована. Несмотря на использование в биоинженерии различных технологий, включая применение биопринтеров и биореакторов, до настоящего времени не удалось получить полностью функциональный трансплантат, обладающий способностью полноценной рецеллюляризации, что, вероятно, связано с недостаточным пониманием механизмов онтогенеза [13, 15].

Заключение. Хороший непосредственный результат операции протезирования корня аорты децеллюляризованным бicuspidализованным аллотрансплантатом связан с его способностью обеспечить физиологическую гемодинамику в аортальной позиции у ребенка младшей возрастной группы. Снижение времени и сложности оперативного вмешательства, возможность сохранения собственного легочного клапана, на наш взгляд, следует рассматривать как альтернативу операции Росса, особенно при наличии анатомических противопоказаний к ней. Вероятность рецеллюляризации и, как следствие, возможность роста трансплантата вместе с организмом требуют дальнейшего изучения.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

- Galoin-Bertail C., Capderou A., Belli E., Houyel L. J. The mid-term outcome of primary open valvotomy for critical aortic stenosis in early infancy – a retrospective single center study over 18 years // *Cardiothorac Surg.* 2016. Vol. 11, № 1. P. 116. Doi: 10.1186/s13019-016-0509-9.
- Hraska V. et al. The long-term outcome of open valvotomy for critical aortic stenosis in neonates // *Ann Thorac Surg.* 2012. Vol. 94, № 5. P. 1519–26.
- Clark J. B. et al. The Ross Operation in Children and Young Adults: A Fifteen-Year, Single-Institution Experience // *Ann Thorac Surg.* 2011;91:1936–41.
- Tudorache I. et al. Decellularized aortic homografts for aortic valve and aorta ascendens replacement // *Eur. J. Cardio-thoracic Surg.* 2016. Vol. 50, № 1. P. 89–97.
- Horke A. et al. Paediatric aortic valve replacement using decellularized allografts // *Eur. J. Cardio-thoracic Surg.* 2020. Vol. 58, № 4. P. 817–824.
- Бокерия Л. А., Подзолков В. П., Чиаурели М. Р., Самсонов В. Б., Сабиров Б. Н., Данилов Т. Ю. Пятнадцатилетний опыт протезирования клапанов сердца у детей // *Грудная и сердечно-сосудистая хирург.* 2013. № 5. С. 13–18.
- Подзолков В. П., Али Хассан А., Константинов О. В., Фатуллин З. Ф. Хирургическое лечение врожденных пороков аортального клапана с «узким» фиброзным кольцом: результаты применения техники Manouguian у 57 пациентов // *Материалы «Девятой ежегодной сессии научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН».* М. : 2005. С. 10.
- Alsoufi B. Aortic valve replacement in children: Options and outcomes // *J Saudi Heart Assoc.* 2014. Vol. 26, № 1. P. 33–41.
- Миролюбов Л. М., Миролюбов Л. М., Хавандеев М. Л. и др. Биопротезирование клапанов сердца у детей // *Фундаментальные исследования.* 2014. № 4–2. С. 314–317.
- Бабенко С. И., Муратов Р. М. Современные тенденции в создании бесклеточных алло- и ксенотканей для реконструкции структур сердца // *Вестник Трансплантологии и Искусственных Органов.* 2021. Т. 1, № 13. P. 150–156.
- d'Udekem Y. Decellularized homografts: In fashion or really superior? // *Eur. J. Cardio-thoracic Surg.* 2016. Vol. 50, No. 2. P. 291–292.
- Брумберг В. А., Лаук-Дубицкий С. Е., Астрелина Т. А., Кобзева И. В., Бушманов А. Ю. Анализ получения децеллюляризованных матриц и их применения в сердечно-сосудистой хирургии (обзор) // *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2011. Т. 11, № 4. С. 615–620.
- Старцева О. И., Синельников М. Е., Бабаева Ю. В., Трущенко В. В. Децеллюляризация органов и тканей // *Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова.* 2019. № 8. С. 59–62.
- Патент РФ на изобретение RU 2712000C2(22) (2017130256???). Аллогraft (варианты), способ его получения (варианты) и способ проведения аортального протезирования / Болсуновский В. А., Болсуновский А. В. 25.02.2019.
- Александров В. Н., Хубулава Г. Г., Леванович В. В. Тканеинженерные сосудистые трансплантаты // *Педиатр.* 2015. Т. 6, № 1. С. 87–95. Doi:10.17816/PED6187-95.

REFERENCES

- Galoin-Bertail C., Capderou A., Belli E., Houyel L. J. The mid-term outcome of primary open valvotomy for critical aortic stenosis in early infancy – a retrospective single center study over 18 years // *Cardiothorac Surg.* 2016;11(1):116. Doi: 10.1186/s13019-016-0509-9.
- Hraska V. et al. The long-term outcome of open valvotomy for critical aortic stenosis in neonates // *Ann Thorac Surg.* 2012;94(5):1519–26.
- Clark J. B. et al. The Ross Operation in Children and Young Adults: A Fifteen-Year, Single-Institution Experience // *Ann Thorac Surg.* 2011;91:1936–41.
- Tudorache I. et al. Decellularized aortic homografts for aortic valve and aorta ascendens replacement // *Eur. J. Cardio-thoracic Surg.* 2016;50(1):89–97.

5. Horke A. et al. Paediatric aortic valve replacement using decellularized allografts // *Eur. J. Cardio-thoracic Surg.* 2020;58(4):817–824.
6. Bokeria L. A., Podzolkov V. P., Chiaureli M. R., Samsonov V. B., Sabirov B. N., Danilov T. Y. Fifteen years of experience in prosthetics of heart valves in children // *Thoracic and cardiovascular surgery.* 2013;5:13–18. (In Russ.).
7. Podzolkov V. P., Ali Hassan, Konstantinov O. V., Fatullaev Z. F. Surgical treatment of congenital malformations of the aortic valve with a "narrow" fibrous ring: results of the application of the Manouguian technique in 57 patients // *Materials of the Ninth annual session of the A.N. Bakulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Academy of Medical Sciences.* Moscow, 2005:10. (In Russ.).
8. Alsoufi B. Aortic valve replacement in children: Options and outcomes // *J Saudi Heart Assoc.* 2014;26(1):33–41.
9. Mirolyubov L. M., Mirolyubov L. M., Khavandeev M. L. et al. Bioprosthesis of heart valves in children // *Fundamental research.* 2014;4–2:314–317. (In Russ.).
10. Babenko S. I., Muratov R. M. Modern trends in the creation of cell-free allo- and xeno-tissues for the reconstruction of heart structures // *Bulletin of transplantology and artificial organs.* 2021;1(13):150–156. (In Russ.).
11. d'Udekem Y. Decellularized homografts: In fashion or really superior? // *Eur. J. Cardio-thoracic Surg.* 2016;50(2):291–292.
12. Brumberg V. A., Lauk-Dubitsky S. E., Astrelina T. A., Kobzeva I. V., Bushmanov A. Yu. Analysis of obtaining decellularized matrices and their application in cardiovascular surgery (review) // *Saratov Scientific and Medical zhurnal.* 2011;11(4):615–620. (In Russ.).
13. Startseva O. I., Sinelnikov M. E., Babaeva Yu. V., Trushchenkova V. V. Decellularization of organs and tissues // *Pirogov Russian Journal of Surgery.* 2019;(8):59–62. (In Russ.).
14. Patent RU 2712000C2(22) (2017130256???). Allograft (variants), method of its preparation (variants) and method of aortic prosthetics / Bolsunovsky A. V., Bolsunovsky V. A. 25.02.2019.
15. Alexandrov V. N., Khubulava G. G., Levanovich V. V. Tissue-engineered vascular grafts // *Pediatrician.* 2015;6(1):87–95. Doi:10.17816/PED6187-95. (In Russ.).

Информация об авторах:

Нохрин Андрей Валерьевич, кандидат медицинских наук, руководитель кардиохирургической службы, врач – сердечно-сосудистый хирург отделения реанимации и интенсивной терапии для детей с кардиохирургической патологией, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-2233-0516; **Болсуновский Владимир Андреевич**, кандидат медицинских наук, врач-хирург отделения кардиохирургии детского городского многопрофильного клинического специализированного центра высоких медицинских технологий (Санкт-Петербург, Россия), доцент кафедры Детских болезней им. проф. И. М. Воронцова ФП и ДПО, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-1380-9680; **Кулемин Евгений Сергеевич**, зав. операционным отделением Перинатального центра, врач – сердечно-сосудистый хирург, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-9208-2290; **Корнишина Татьяна Леонидовна**, врач детский кардиолог 3-го педиатрического отделения, кафедры Детских болезней им. проф. И. М. Воронцова ФП и ДПО, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-6238-4121; **Тризна Евгений Владимирович**, зав. отделением анестезиологии и реанимации для детей с кардиохирургической патологией, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-6908-8045; **Попова Лилия Леонтьевна**, врач – детский кардиолог отделения реанимации и интенсивной терапии для детей с кардиохирургической патологией, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0003-0622-8367; **Гвоздь Егор Михайлович**, клинический ординатор кафедры Хирургических болезней детского возраста, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-3576-1892; **Иванов Дмитрий Олегович**, доктор медицинских наук, профессор, ректор, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-0060-4168.

Information about authors:

Nokhrin Andrey V., Cand. of Sci. (Med.), Head of Cardiac Surgery Service, Cardiovascular Surgeon, Intensive Care Unit for Children with Cardiac Pathology, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-2233-0516; **Bolsunovsky Vladimir A.**, Cand. of Sci. (Med.), Surgeon of the Department of Cardiac Surgery of the Children's City Multidisciplinary Clinical Specialized Center of High Medical Technologies (Saint Petersburg, Russia), Associate Professor of the Department of Children's Diseases named after Professor I. M. Vorontsov of the Faculty of Retraining and Additional Professional Education, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-1380-9680; **Kulemin Evgeny S.**, Head of the Surgical Department of the Perinatal Center, Cardiovascular Surgeon, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-9208-2290; **Kornishina Tatiana L.**, Pediatric Cardiologist of the 3rd Pediatric Department, Department of Children's Diseases named after Professor I. M. Vorontsov of the Faculty of Retraining and Additional Professional Education, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-6238-4121; **Trizna Evgeny V.**, Head of the Department of Anesthesiology and Resuscitation for Children with Cardiac Pathology, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-6908-8045; **Popova Lilia L.**, Pediatric Cardiologist of the Intensive Care Unit for Children with Cardiac Pathology, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0003-0622-8367; **Gvozdz Egor M.**, Clinical Resident of the Department of Surgical Diseases of Childhood, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-3576-1892; **Ivanov Dmitry O.**, Dr. of Sci. (Med.), Rector, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-0060-4168.