

© Коллектив авторов, 2023
УДК 616.126.52-053.1-089

И.Ю. Барышникова, Э.А. Шахназарян[✉], А.Е. Черногринов, И.Е. Нефедова

Гемодинамическое обоснование применению аутоперикарда в реконструктивной хирургии аортального клапана у детей младенческого возраста

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева Минздрава России» Москва, Российская Федерация

Барышникова Ирина Юрьевна, канд. мед. наук, науч. сотр., врач ультразвуковой диагностики; orcid.org/0000-0001-8071-2531

[✉]**Шахназарян Эрик Александрович**, мл. науч. сотр.; orcid.org/0000-0002-2829-5467, e-mail: Dr.Shakhnazaryan@mail.ru

Черногринов Алексей Евгеньевич, д-р мед. наук, гл. науч. сотр.; orcid.org/0000-0002-6207-4799

Нефедова Инесса Евгеньевна, д-р мед. наук, заведующий отделением; orcid.org/0000-0002-9221-051X

Резюме

Стеноз аортального клапана встречается у 3–6% пациентов с врожденными пороками сердца. У детей, как правило, это обструктивная патология, которая сопровождается аномалией количества створок. При этом считается, что его одностворчатое строение встречается в 50 раз реже двухстворчатого. Тяжелый стеноз аортального клапана является причиной интервенций уже в первые дни жизни. Развитие методов хирургического лечения привело к созданию разнообразных методик восстановления клапана. Наряду с хирургическими методами совершенствовались и методы визуализации. В данной работе представлен случай выполнения реконструкции аортального клапана аутоперикардом у пациента младенческого возраста. На диагностическом этапе в до- и послеоперационном периодах использовалась ультразвуковая методика VFM, позволяющая визуализировать потоки крови на реконструированном клапане.

Ключевые слова: стеноз аортального клапана, створка, аутоперикард, реконструкция, ультразвуковая диагностика

Для цитирования: Барышникова И.Ю., Шахназарян Э.А., Черногринов А.Е., Нефедова И.Е. Гемодинамическое обоснование применению аутоперикарда в реконструктивной хирургии аортального клапана у детей младенческого возраста. *Детские болезни сердца и сосудов.* 2023; 20 (2): 148–53. DOI: 10.24022/1810-0686-2023-20-2-148-153

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 28.04.2023

Поступила после рецензирования 26.05.2023

Принята к печати 09.06.2023

I.Yu. Baryshnikova, E.A. Shakhnazaryan[✉], A.E. Chernogrirov, I.E. Nefedova

Hemodynamic justification of the use of the autopericardium in reconstructive surgery of the aortic valve in infants

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russian Federation

Irina Yu. Baryshnikova, Cand. Med. Sci., Researcher, Ultrasound Diagnostician; orcid.org/0000-0001-8071-2531

[✉]**Erik A. Shakhnazaryan**, Junior Researcher; orcid.org/0000-0002-2829-5467, e-mail: Dr.Shakhnazaryan@mail.ru

Aleksey E. Chernogrirov, Dr. Med. Sci., Chief Researcher; orcid.org/0000-0002-6207-4799

Inessa E. Nefedova, Dr. Med. Sci., Head of Department; orcid.org/0000-0002-9221-051X

Abstract

Aortic valve stenosis occurs in 3–6% of patients with congenital heart defects. In children, usually, this is an obstructive pathology, which is accompanied by an anomaly in the number of leaflets. At the same time, it is believed that its single-leaf structure is fifty times less common than a double-leaf one. Severe aortic valve stenosis is the cause of interventions already in the first days of life. The evolution of surgical treatment methods has led to the emergence of various methods of valve repair. Along with surgical methods, visualization methods have also evolved. This paper presents a case of performing aortic valve reconstruction by an autopericardium in an infant. At the diagnostic stage in the pre- and postoperative period, the VFM ultrasound technique was used, which allows visualizing blood flows on the reconstructed valve.

Keywords: aortic valve stenosis, flap, autopericardium, reconstruction, ultrasound diagnostics

For citation: Baryshnikova I.Yu., Shakhnazaryan E.A., Chernogrivov A.E., Nefedova I.E. Hemodynamic justification of the use of the autopericardium in reconstructive surgery of the aortic valve in infants. *Children's Heart and Vascular Diseases*. 2023; 20 (2): 148–53 (in Russ.). DOI: 10.24022/1810-0686-2023-20-2-148-153

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received April 28, 2023

Revised May 26, 2023

Accepted June 9, 2023

Введение

Изучение паттернов внутрисердечного кровотока изначально проводилось с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) [1,2]. Эхокардиографическая методика – векторное картирование кровотока (Vector Flow Mapping, VFM), основанное на цветовом доплеровском картировании кровотока и отслеживании «спеклов» (Speckle tracking), – недавно стала использоваться для описания динамики паттернов кровотока у взрослых и детей. Новая эхокардиографическая методика VFM является целесообразной для комплексного обследования детей ввиду возможности ее повторения в необходимом количестве и с нужной частотой. Пороки аортального клапана в детской кардиологии занимают особое место, так как требуют оптимальной тактики хирургического лечения: операция Росса, комиссуротомия или реконструкция створок клапана. Учитывая тот факт, что потоки крови в камерах сердца создают вихри, которые поддерживают потенциальную энергию и оптимизируют сердечную нагрузку и эффективность заполнения сосудов, следует оценить, насколько приближен к нативному кровотоку через реконструированный клапан. Представляем описание случая пластики аортального клапана с оценкой паттерна кровотока через него по сравнению с нормальным у ребенка младенческого возраста.

Описание случая

Пациент, ребенок 4 мес жизни, поступил в НИИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева с подозрением на выраженный аортальный стеноз. При объективном обследовании отмечалась бледность кожных покровов, выраженная потливость, втяжение межреберных промежутков при дыхании. Частота дыхательных движений 46 в минуту, ЧСС 155 уд/мин. Аускультативно определялся грубый систолический шум (4/6) во втором межреберье у правого края грудины. По данным эхокардиографического исследования (ЭхоКГ) диагноз

был подтвержден, выявлен одностворчатый однокомиссуральный клапан аорты с эксцентричным отверстием, расположенным кзади, с пиковым градиентом давления 85 мм рт. ст. Фракция выброса левого желудочка в норме. Размер корня аорты 12 мм, фиброзного кольца аортального клапана – 10 мм, с умеренным расширением восходящей аорты до 18 мм и увеличением левого желудочка, конечный диастолический размер 2,5 см.

Ход операции. Вмешательство выполнялось из срединного доступа, в условиях искусственного кровообращения (ИК). Производились забор и подготовка пластического материала. Выполнялась поперечная аортотомия на 2/3 периметра в области синотубулярного перехода. Визуализирован одностворчатый однокомиссуральный клапан, гроздьевидные фиброзные наложения вентрикулярной поверхности створки, ограничивающие ее подвижность. Учитывая наличие только одной комиссуры, приняли решение трикуспидализировать клапан путем протезирования створки по принципу Ozaki. После выполнения комиссуротомии и плоскостной резекции створка отсечена от фиброзного основания по передней трети и фиксирована кзади от исходного положения с формированием левой и некоронарной створок. Для протезирования правой коронарной створки использован подготовленный по принятой методике аутоперикард, форма и размеры которого определены по шаблону Ozaki № 13. Изображение реконструкции клапана представлено на рисунке 1. Время искусственного кровообращения составило 155 мин, окклюзии аорты – 110 мин.

Результаты. Ранний послеоперационный период прошел без осложнений. Время искусственной вентиляции легких составило 12 ч, нахождение в отделении реанимации – 18 ч. Пациент выписан из стационара на 6-е сутки после операции. В послеоперационном периоде, через 1 год, выполнена ЭхоКГ на ультразвуковом аппарате Lissendo 880 (FujiFilm, Япония) с применением программы VFM для оценки кровотока через реконструированный аорталь-

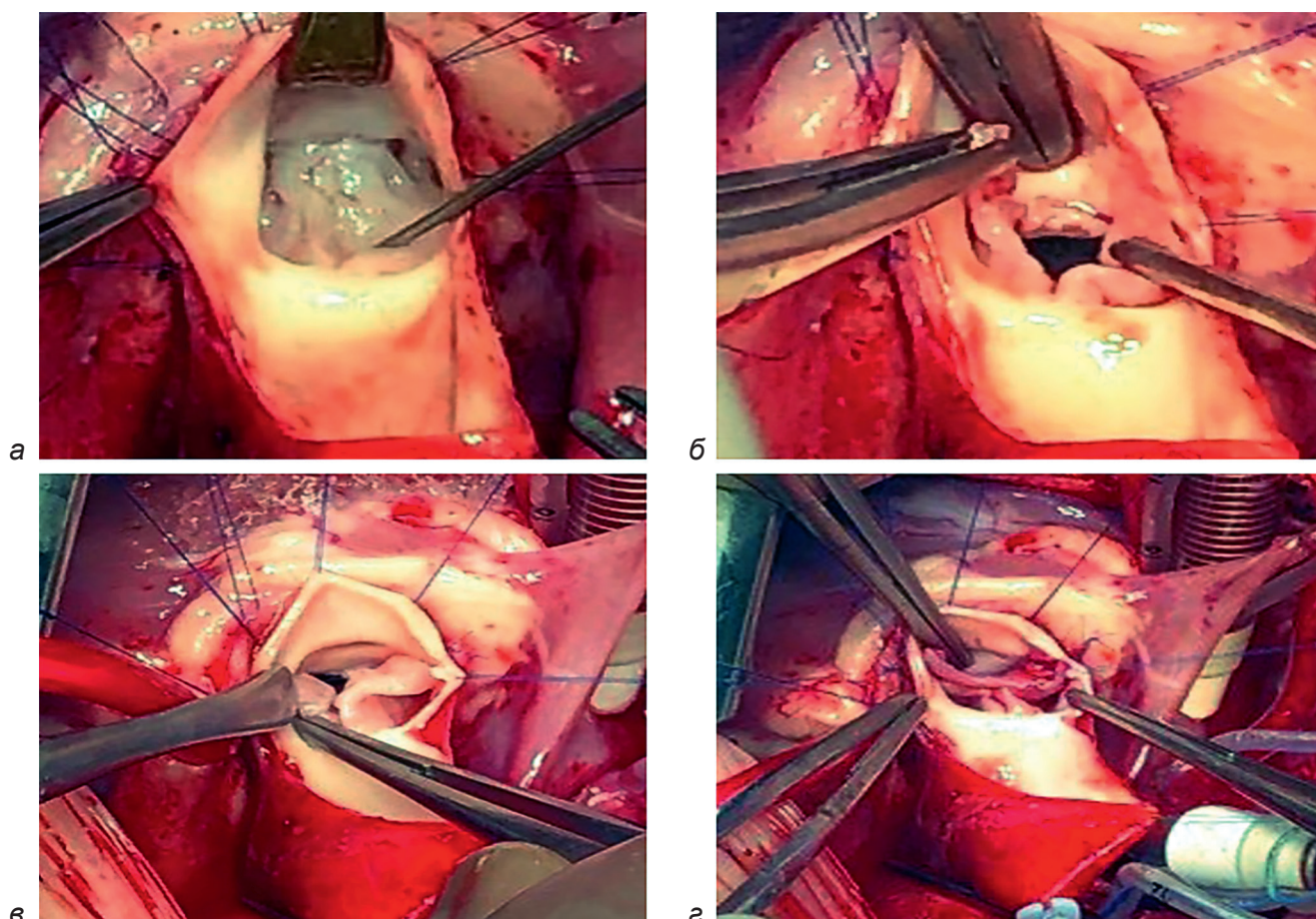


Рис. 1. Интраоперационные фотографии:

а – нативный вид одностворчатого однокомиссурального аортального клапана; б – клапан после отсечения передней порции створки от фиброзного основания; в – формирование левой коронарной и некоронарной створок клапана; г – вид клапана после протезирования правой коронарной створки аутоперикардом по методике Ozaki

ный клапан, результаты удовлетворительные, пиковый градиент 22–24 мм рт. ст., регургитация минимальная. Ребенок развивается согласно возрасту, Ross – I.

Обсуждение

Приоритетным методом обследования детей является эхокардиография ввиду ее доступности, относительной безопасности, экономической эффективности и высокой чувствительности в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний. Наряду с методами хирургического лечения совершенствуются и методы визуальной диагностики. И сегодня актуальным считается изучение потоков крови в камерах сердца и сосудах не только для диагностики заболеваний, но и для «оттачивания» хирургического лечения, чтобы максимально приблизить строение оперированного сердца к норме. Потоки крови в камерах сердца создают вихри, которые поддерживают потенциальную энергию

и оптимизируют сердечную нагрузку и эффективность его функционирования [3]. Турбулентные и неорганизованные потоки неэффективны и увеличивают рассеивание потенциальной энергии, ухудшая функцию желудочков [4]. Изучение паттернов внутрисердечного и внутрисосудистого кровотока первоначально проводилось с помощью магнитно-резонансной томографии. Однако применение МРТ у новорожденных и детей раннего возраста имеет свои недостатки, связанные с необходимостью проведения анестезии и продолжительного времени сканирования [5].

Эхокардиография с методикой векторного картирования кровотока (VFM) без применения контрастного препарата, основанной на цветовом доплеровском картировании кровотока и отслеживании «спеклов» миокарда (speckle tracking), стала использоваться для описания динамики паттернов кровотока при различных вариантах хирургического лечения митрального и аортального клапанов, некоторых других ВПС, таких как

тетрада Фалло, коарктация аорты, дефект межжелудочковой перегородки, дефект межпредсердной перегородки, атрезия трикуспидального клапана [6, 7].

Для хирургического лечения пороков аортального клапана у грудных детей наряду с баллонной вальвулопластикой и открытой комиссуротомией применяются различные варианты реконструктивных вмешательств, такие как бритые (shaving) створок, их протезирование с созданием неокмиссур, аугментация створок и т. д. Следует отметить, что в раннем детском возрасте все эти методы носят характер паллиативных вмешательств, основной задачей которых является отсрочивание повторной операции и оптимизация гемодинамических показателей и как, следствие, улучшение качества жизни пациентов. Баллонная вальвулопластика широко распространена и применяется в качестве первичного вмешательства в большинстве мировых клиник. Однако ее известные осложнения, такие как аортальная недостаточность и рестеноз клапана, приводят к повторным вмешательствам уже в ранние послеоперационные сроки. Зависимость исхода от анатомии клапана является неоспоримым фактом. Ныне, по мнению V. Hraska, баллонная вальвулопластика применима у пациентов с симметричным строением створок клапана и расположением комиссур [9]. Преимуществами открытой комиссуротомии, безусловно, являются визуальный контроль, возможность применения прочих реконструктивных приемов и, как следствие, большая свобода от повторных вмешательств и протезирования аортального клапана [8–10].

Протезирование механическим или биологическим клапаном ограничено размером, требует проведения антикоагулянтной терапии и имеет высокий риск кальцификации.

Процедура Росса является хорошим вариантом лечения у детей раннего возраста благодаря отличным гемодинамическим результатам и потенциалу к росту, но ограничена необходимостью повторного вмешательства на пути оттока из правого желудочка и высоким риском отсроченной недостаточности аутографта из-за расширения корня и восходящего отдела аорты [11, 12]. В то же время у маленьких детей риск осложнений при операции Росса высокий.

Протезирование створок аутоперикардом является самой «молодой» опцией в лечении пороков аортального клапана, результаты которой у взрослых пациентов отличные, однако применение методики у детей грудного возраста не рас-

пространено, имеются лишь единичные описания [13].

Грубые морфологические изменения створок клапана, а также особенности его строения диктуют необходимость применения пластического материала, несмотря на возраст. К тому же только трехстворчатая анатомия клапана может создать близкие к оптимальным показатели гемодинамики. Вышеописанные факты послужили поводом к выбору трикуспидализации клапана аорты как предпочтительного метода реконструкции у данного пациента. Но несмотря на трудности хирургического характера, необходимо стремиться к физиологическому паттерну кровотока на реконструированном аортальном клапане.

Результаты применения методики VFM. Нами, а также в работах других авторов, продемонстрировано, что для нормального систолического паттерна кровотока в корне аорты по данным VFM типичен ламинарный поток, который впоследствии разделяется на две спирали позади створок аортального клапана. Одна спираль является левозакрученной, направлена к правой стенке аорты, другая – правозакрученной, направлена к левой стенке аорты, при этом образуемые вихри равные по площади (рис. 2, а). В позднюю систолу аортальный поток возвращается к ламинарному профилю. Можно diskutieren о том, что от интенсивности и площади вихря, а также вариантной анатомии коронарных артерий может зависеть коронарный кровоток. В нашем случае мы не преследовали цели оценивать коронарный кровоток, пытались продемонстрировать паттерн кровотока после реконструктивного вмешательства на аортальном клапане у младенца с удовлетворительными показателями функции аортального клапана по данным стандартных доплеровских режимов (обычная регургитация и максимальный градиент через клапан 22–24 мм рт. ст.) (рис. 3, б). Однако паттерн кровотока формировал оба правозакрученных вихря позади створок (рис. 2, б). В дальнейшем, вероятно, аномальный вихрь приведет к расширению правого синуса Вальсальвы.

Заключение

Целью оперативных вмешательств на клапанах сердца как у взрослых, так и у детей является оптимизация гемодинамических параметров. Воссоздание трехстворчатой анатомии клапана, на наш взгляд, может максимально приблизить гемодинамические показатели к норме, что

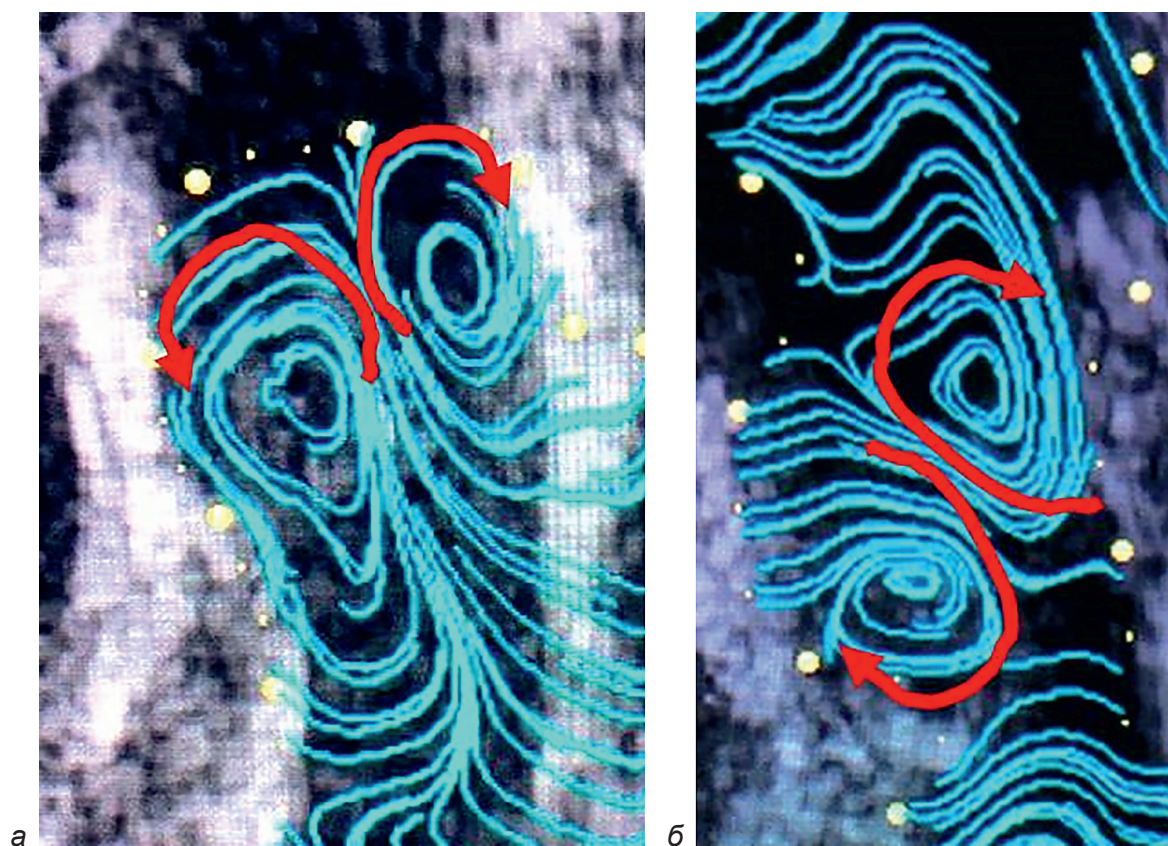


Рис. 2. Трансторакальная эхокардиография. Методика Vector Flow Mapping, способ представления информации Stream Line. Левый парастернальный доступ в проекции по длинной оси ЛЖ. Фокус на корень аорты:

а – нормальный паттерн кровотока у здорового младенца, визуализируются две спирали позади створок аортального клапана, одна спираль является левозакрученной и направлена к правой стенке аорты, другая – правозакрученной и направлена к левой стенке аорты (красные стрелки); б – паттерн кровотока у младенца после реконструкции аортального клапана: формируются оба правозакрученных вихря позади створок аортального клапана

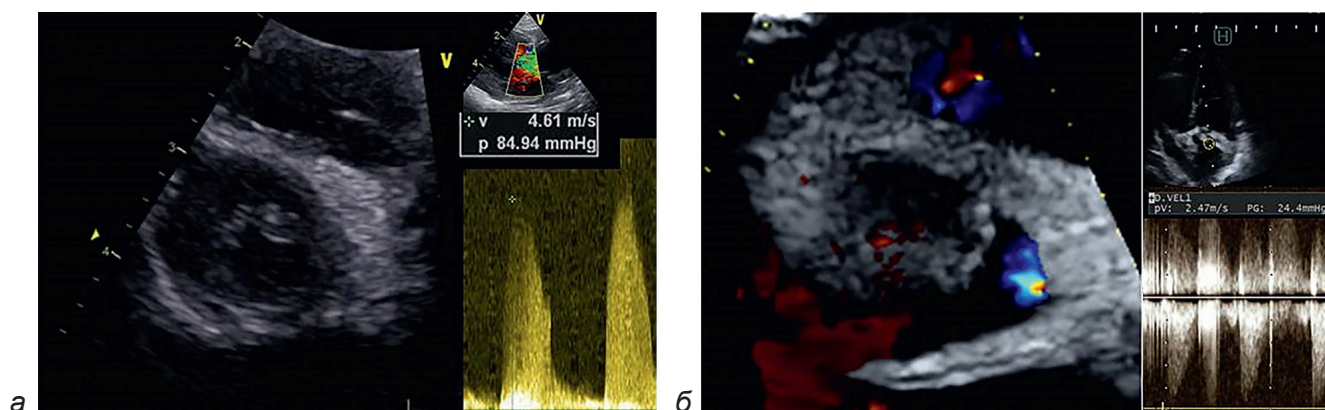


Рис. 3. Трансторакальная эхокардиография у младенца с аортальным стенозом. Левый парастернальный доступ, проекция по короткой оси ЛЖ:

а – до операции, визуализируется моностворчатый аортальный клапан с максимальным градиентом систолического давления 85 мм рт. ст.; б – после операции, визуализируется реконструированный аортальный клапан с обычной регургитацией (режим цветового доплеровского картирования) и максимальным градиентом систолического давления 24 мм рт. ст.

подтверждается с помощью VFM. Необходимо отметить, что преимущество данной методики – возможность четкого определения характера внутрисердечного кровотока. Применение VFM по-

зволяет оптимизировать кардиохирургическую тактику для формирования наиболее физиологичной динамики внутрисердечных кровотоков у пациентов с ВПС.

Литература/References

1. Muñoz R.D., Markl M., Mur J.L., Barker A., Fernández-Golfín C., Lancellotti P. et al. Intracardiac flow visualization: current status and future directions. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2013; 14: 1029–38. DOI: 10.1093/ehjci/jet086
2. Барышников И.Ю., Юрпольская Л.А., Голухова Е.З. Векторное картирование кровотока в дуге аорты. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2022; 64 (6): 688–92. DOI: 10.24022/0236-2791-2022-64-6-688-692
Baryshnikova I.Yu., Yurpolskaya L.A., Golukhova E.Z. Vector flow imaging of aortic arch. *Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2022; 64 (6): 688–92 (in Russ.). DOI: 10.24022/0236-2791-2022-64-6-688-692
3. Mele D., Smarrazzo V., Pedrizzetti G., Capasso F., Pepe M., Severino S. et al. Intracardiac flow analysis: techniques and potential clinical applications. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2019; 32: 319–32. DOI: 10.1016/j.echo.2018.10.018
4. Itatani K. When the blood flow becomes bright. *Eur. Heart J*. 2014; 35: 747–52a.
5. Geiger J., Callaghan F.M., Burkhardt B.E., Valsangiacomo E.R., Kellenberger C.J. Additional value and new insights by four-dimensional flow magnetic resonance imaging in congenital heart disease: application in neonates and young children. *Pediatr. Radiol*. 2021; 51: 1503–17. DOI: 10.1007/s00247-020-04885-w
6. Nyrnes S.A., Fadnes S., Wigen M.S., Mertens L., Lovstakken L. Blood speckle-tracking based on high-frame rate ultrasound imaging in pediatric cardiology. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2020; 33 (4): 494–503. DOI: 10.1016/j.echo.2019.11.003
7. Collins R.T., Laughlin M.E., Lang S.M., Bolin E.H., Daily J.A., Jensen H.A., Jensen M.O. Real-time transthoracic vector flow imaging of the heart in pediatric patients. *Prog. Pediatr. Cardiol*. 2019; 53: 28–36. DOI: 10.1016/j.ppedcard.2019.02.003
8. Siddiqui J., Brizard C.P., Galati J.C., Iyengar A.J., Hutchinson D., Konstantinov I.E. et al. Surgical valvotomy and repair for neonatal and infant congenital aortic stenosis achieves better results than interventional catheterization. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2013; 62: 2134–40. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.07.052. Epub 2013 Aug 21.
9. Vergnat M., Asfour B., Arenz C., Suchowerskyj P., Bierbach B., Schindler E. et al. Contemporary results of aortic valve repair for congenital disease: lessons for management and staged strategy. *Eur. J. Cardiothorac. Surg*. 2017; 52. DOI: 10.1093/ejcts/ezx172
10. Vergnat M., Asfour B., Arenz C., Suchowerskyj P., Bierbach B., Schindler E. et al. Aortic stenosis of the neonate: A single-center experience. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2019; 157 (1): 318–26.e1. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2018.08.089. Epub 2018 Sep 27.
11. David T.E., Omran A., Ivanov J., Armstrong A., de Sa M.P., Sonnenberg B., Webb G. Dilation of the pulmonary autograft after the Ross procedure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2000; 119: 210–20. DOI: 10.1016/S0022-5223(00)70175-9
12. Luciani G.B., Barozzi L., Tomezzoli A., Casali G., Mazzucco A. Bicuspid aortic valve disease and pulmonary autograft root dilatation after the Ross procedure: a clinicopathologic study. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2001; 122: 74–9. DOI: 10.1067/mtc.2001.114638.
13. Baird C.W., Marathe S.P., Del Nido P.J. Aortic valve neocuspidation using the Ozaki technique for acquired and congenital disease: where does this procedure currently stand? *Indian J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2020; 36 (Suppl. 1): 113–22. DOI: 10.1007/s12055-019-00917-9. Epub 2020 Jan 9. PMID: 33061192.