

Сердце и сосуды | Heart and vessels

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1163>

МРТ в диагностике рекоарктации аорты в отдаленном периоде после операции (случай из практики)

© Шляппо М.А. *, Юрпольская Л.А., Макаренко В.Н., Дорофеев А.В.

ФГБУ «НМИЦ сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России; 121552 Москва, Рублевское шоссе, д. 135, Российская Федерация

Введение. Коарктация аорты относится к известным и хорошо изученным врожденным порокам сердечно-сосудистой системы. Успехи сердечно-сосудистой хирургии значительно повысили выживаемость пациентов. Но риски серьезных сердечно-сосудистых осложнений в отдаленном послеоперационном периоде остаются высокими. Одним из значимых осложнений остается рекоарктация – повторное сужение в области операции, которая может инициировать другие осложнения.

Цель исследования: на клиническом примере комплексного МР-обследования представить особенности кровотока в аорте у пациентки с коарктацией аорты в отдаленном послеоперационном периоде.

Материал и методы. Пациентка 12 лет, в возрасте 6 лет ей была выполнена баллонная ангиопластика коарктации аорты. По эхокардиографическим данным выявлены остаточный градиент на перешейке аорты и расширение нисходящего отдела аорты. Для уточнения диагноза проведена МРТ-ангиография сердца с внутривенным контрастированием и использованием кардиопакета для 4D-анализа потока (4D-flow).

Результаты и обсуждение. По данным МРТ-исследования выявлено сужение дистального отдела дуги аорты с расширением аорты после отхождения левой подключичной артерии, что подтверждается полученными абсолютными значениями показателей кровотока. МР-ангиография дуги аорты позволила наглядно определить “готическую” форму дуги аорты и представить 3D-реконструкции. На 4D-картах потока наблюдались ускорение кровотока в систолу в области сужения аорты, дополнительный вихревой поток ниже области сужения аорты и спиральный поток в нисходящем отделе аорты, который сохранялся на протяжении всей диастолы.

Одним из объяснений аномального спирального потока в нисходящей грудной аорте может быть наличие “готической” дуги аорты. Также остаточная гипоплазия дуги аорты и сужение перешейка являются ведущими параметрами, влияющими на патофизиологию изменения артериального давления при физических нагрузках.

Заключение. МР-пакет 4D-flow в естественных условиях позволяет детально изучить геометрию потока и показатели кровотока, получить развернутую картину состояния аорты, что дает потенциальные преимущества в комплексном обследовании пациентов с коарктацией аорты при динамическом наблюдении.

Ключевые слова: коарктация аорты, рекоарктация аорты, кардио-МРТ, 4D-flow, визуализация, лучевая диагностика

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шляппо М.А., Юрпольская Л.А., Макаренко В.Н., Дорофеев А.В. МРТ в диагностике рекоарктации аорты в отдаленном периоде после операции (случай из практики). *Медицинская визуализация*. 2023; 27 (1): 19–24. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1163>

Поступила в редакцию: 06.04.2022. **Принята к печати:** 26.09.2022. **Опубликована online:** 28.12.2022.



MRI visualization of aortic recoarctation in the long-term period after surgery (case report)

© Maria A. Shlyappo*, Lyudmila A. Yurpolskaya, Vladimir N. Makarenko, Aleksey V. Dorofeev

A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 135, Rublevskoye shosse, Moscow 121552, Russian Federation

Case study. Aortic coarctation refers to well-known and well-studied congenital malformations of the cardiovascular system. The success of cardiovascular surgery significantly increased the survival rate of patients, but, unfortunately, did not reduce the risks of serious cardiovascular complications in the long-term postoperative period. One of the significant complications remains recoarctation – repeated narrowing in the area of surgery, which can initiate other complications.

The purpose of the study: to present the features of blood flow in the aorta in a patient with aortic coarctation in the long-term postoperative period on the clinical example of a complex MR examination.

Material and methods. A 12-year-old patient, at the age of 6, she underwent balloon angioplasty of aortic coarctation. Echocardiographic data revealed a residual gradient at the isthmus of the aorta and expansion of the descending aorta. To clarify the diagnosis, MRI angiography of the heart was performed with intravenous contrast and the use of a cardiopackage for 4D flow analysis (4D flow).

Results and discussion. According to the MRI study, a narrowing of the distal aortic arch with aortic dilation after the departure of the left subclavian artery was revealed, which is confirmed by the obtained absolute values of blood flow indicators. MR-angiography of the aortic arch made it possible to visually determine the “gothic” shape of the aortic arch and present 3D reconstructions. 4D flow maps showed acceleration of blood flow to the systole in the area of aortic narrowing, additional vortex flow below the area of aortic narrowing and spiral flow in the descending aorta, which persisted throughout the diastole.

One explanation for the abnormal spiral flow in the descending thoracic aorta may be the presence of a “gothic” aortic arch. Also, residual hypoplasia of the aortic arch and narrowing of the isthmus are the leading parameters affecting the pathophysiology of changes in blood pressure during exercise.

Conclusion. The 4D-flow MR package in vivo makes it possible to study the flow geometry and blood flow parameters in detail, to obtain a detailed picture of the aortic condition, which gives potential advantages in a comprehensive examination of patients with aortic coarctation under dynamic observation.

Keywords: aorta coarctation, aorta recoarctation, cardio MRI, 4D-flow, visualization, radiology

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Shlyappo M.A., Yurpolskaya L.A., Makarenko V.N., Dorofeev A.V. MRI visualization of aortic recoarctation in the long-term period after surgery (case report). *Medical Visualization*. 2023; 27 (1): 19–24. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1163>

Received: 06.04.2022.

Accepted for publication: 26.09.2022.

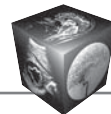
Published online: 28.12.2022.

Введение

Коарктация аорты относится к известным и хорошо изученным врожденным порокам сердца, требующим хирургической коррекции. Успехи сердечно-сосудистой хирургии значительно повысили выживаемость пациентов. Но риски серьезных сердечно-сосудистых осложнений в отдаленном послеоперационном периоде остаются высокими. К основным проблемам в отдаленные сроки после операции в раннем детском возрасте относят рекоарктацию, аневризму аорты, артериальную гипертензию, миокардиальные и эндотелиальные дисфункции, цереброваскулярные и когнитивные нарушения. Наиболее значимым осложнением является рекоарктация – повторное сужение в области операции, которое встречается у 3–31%

пациентов [1]. Выделяют несколько возможных причин ее развития: отсутствие роста анастомоза, рубцевание анастомоза, некроз интимы аорты, не устраненная гипоплазия дуги аорты и турбулентный кровоток в области анастомоза [2]. Отмечается, что малая масса тела ребенка (менее 3,8 кг) и возраст новорожденного (менее 45 дней жизни) на момент первичной операции относятся к факторам риска рекоарктации аорты у детей с хирургически устраненной коарктацией на первом году жизни [1, 3].

Сложность рекоарктации заключается в последующей инициации осложнений. Затрудненный ток крови через суженный участок приводит к возрастанию артериального давления в аорте и ее ветвях выше места сужения и понижению давле-



ния ниже этой области. В свою очередь развивается синдром артериальной гипертензии в сосудах головного мозга и верхней половине тела, что приводит к ряду церебральных симптомов. Вследствие этого длительное наблюдение за пациентами после операции с детальным изучением структурно-динамических особенностей аорты приобретает важное значение. МРТ с внутривенным болюсным контрастированием и современные возможности программ постобработки изображений позволяют оценить анатомию дуги аорты, определяя риск развития осложнений в отдаленном послеоперационном периоде.

Цель исследования

На клиническом примере комплексного МР-обследования представить особенности кровотока в аорте у пациентки с коарктацией аорты в отдаленном послеоперационном периоде.

Клиническое наблюдение

Пациентка К., 12 лет, поступила в НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России с жалобами на периодические головные боли, на повышенную утомляемость, боли в нижних конечностях по ночам. Со слов матери, у ребенка выслушивался шум в области сердца в возрасте около года. В возрасте 6 лет ребенку по месту жительства была выполнена баллонная ангиопластика коарктации аорты. Ранний послеоперационный период протекал без осложнений. Систематически наблюдалась кардиологом, проводилось эхокардиографическое исследование. В возрасте 11 лет по данным эхокардиографии отмечено увеличение градиента на перешейке аорты. Пациентка направлена в НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России для дообследования и решения вопроса об оперативном лечении.

При объективном обследовании: пациентка нормостенического телосложения, из особенностей – различное давление на руках (на правой руке – до 120/79 мм рт.ст., на левой – до 106/76 мм рт.ст.) и ногах (на правой ноге – 100/60 мм рт.ст., на левой ноге – 90/60 мм рт.ст.). По эхокардиографическим данным выявлены остаточный градиент на перешейке аорты и расширение нисходящего отдела аорты.

Для уточнения диагноза проведена МРТ-ангиография сердца с внутривенным контрастированием гадолиний-содержащим веществом и использованием кардиопакета для 4D-анализа потока (4D-flow).

По данным МРТ-исследования определена анатомия аорты. Восходящий отдел аорты на уровне бифуркации ствола легочной артерии размером 20 мм, между левой общей сонной артерией и левой подключичной артерией (ЛПКА) диаметр аорты до 12 мм, после отхождения ЛПКА отмечается расширение аорты до 20 мм на протяжении 3,5 мм. Нисходящий отдел аорты на

уровне диафрагмы – 17 мм (рис. 1а–в). МР-ангиография дуги аорты позволила наглядно определить остроугольную “готическую” конфигурацию дуги аорты и представить 3D-реконструкции (рис. 1г–е).

Сократительная способность желудочков не изменена, отмечались невыраженные изменения миокарда левого желудочка в виде единичных очагов интрамиокардиального накопления гадолиний-содержащего препарата на базальном уровне левого желудочка (неишемического генеза). По 2D-фазово-контрастным изображениям поперечных срезов аорты на уровне разных зон интереса выявлено максимальное увеличение пиковой скорости в области перешейка аорты до 185 см/с. В результате анализа геометрии кровотока на полученных 4D-картах потока было выявлено ускорение кровотока в систолу в области сужения аорты, а также отмечался дополнительный вихревой поток ниже области сужения аорты и спиральный поток в нисходящем отделе аорты, который сохранялся на протяжении всей диастолы (рис. 2).

После проведенного обследования пациентке подобрана медикаментозная терапия и рекомендовано дальнейшее наблюдение.

Обсуждение

Одним из объяснений такого аномального спирального потока в нисходящей грудной аорте может быть наличие остроугольной “готической” дуги аорты. “Готическая” конфигурация за счет резко выраженного угла или увеличенного отношения высоты дуги к ширине аорты придает более высокую жесткость и низкую растяжимость по сравнению с нормальной дугой “романского” вида [4]. С учетом описанной в литературе связи между геометрией дуги и артериальной гипертензией, возможно, наличие выраженного аномального спирального кровотока в нисходящей аорте связано с развитием системной артериальной гипертензии [5]. Многие исследователи настаивают, что устранение сужения в аорте не восстанавливает физиологическую гемодинамику в аорте, хотя градиент давления на перешейке значительно снижается [6]. Кроме того, гемодинамические изменения у таких пациентов не локализуются в области перешейка аорты, а распространяются на весь сосуд, как видно и по представленной пациентке. По международным данным остаточная гипоплазия дуги аорты и сужение перешейка являются ведущими параметрами, влияющими на патофизиологию изменения артериального давления при физических нагрузках [7].

В связи с высоким риском развития реобструкции аорты и угрозой формирования артериальной гипертензии пациентам, перенесшим операцию по устранению коарктации аорты, рекомендуется

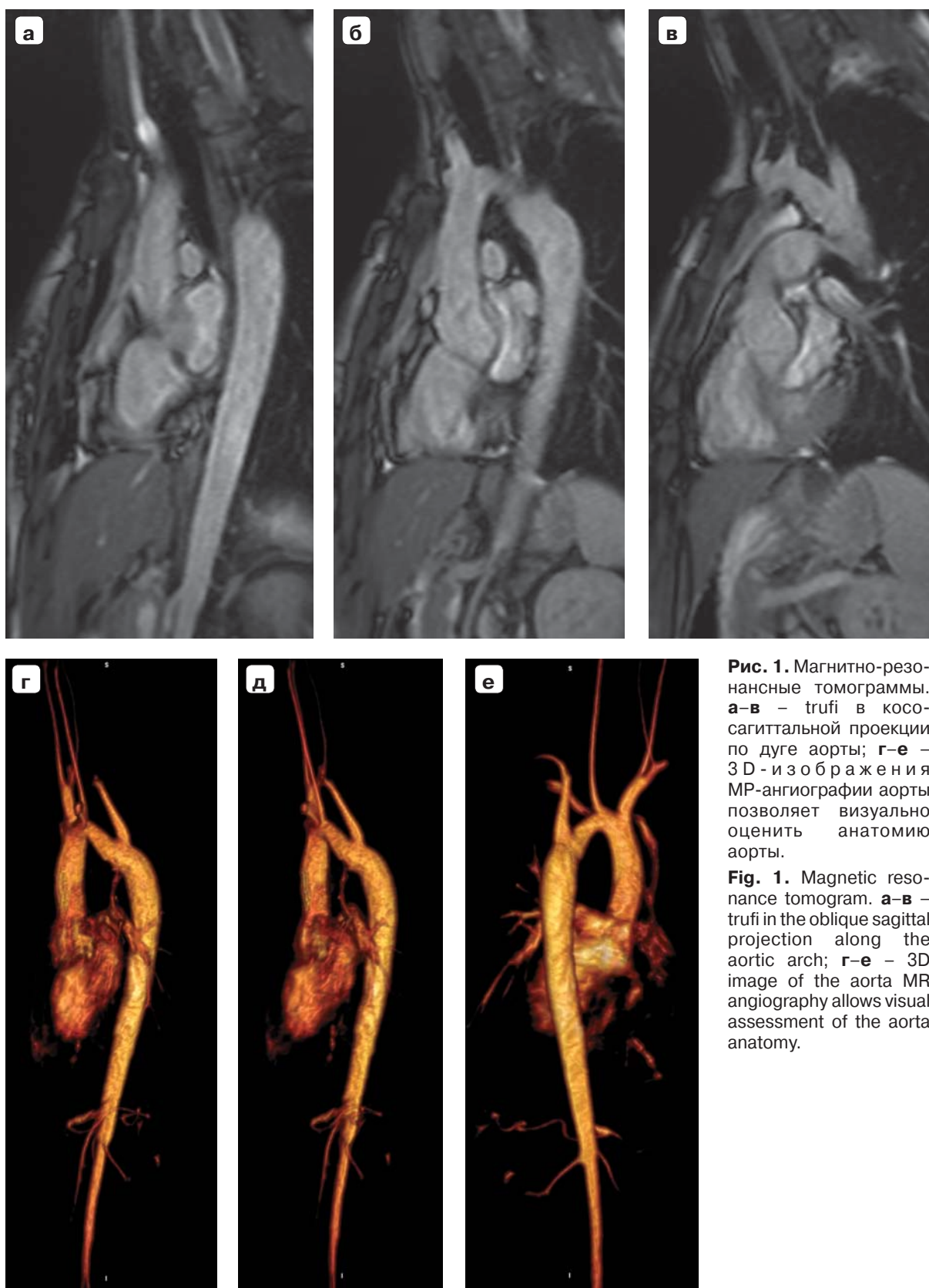


Рис. 1. Магнитно-резонансные томограммы. **а-в** – trufi в косо-сагиттальной проекции по дуге аорты; **г-е** – 3 D - и з о б р а ж е н и я МР-ангиографии аорты позволяет визуально оценить анатомию аорты.

Fig. 1. Magnetic resonance tomogram. **a-b** – trufi in the oblique sagittal projection along the aortic arch; **г-e** – 3D image of the aorta MR angiography allows visual assessment of the aorta anatomy.

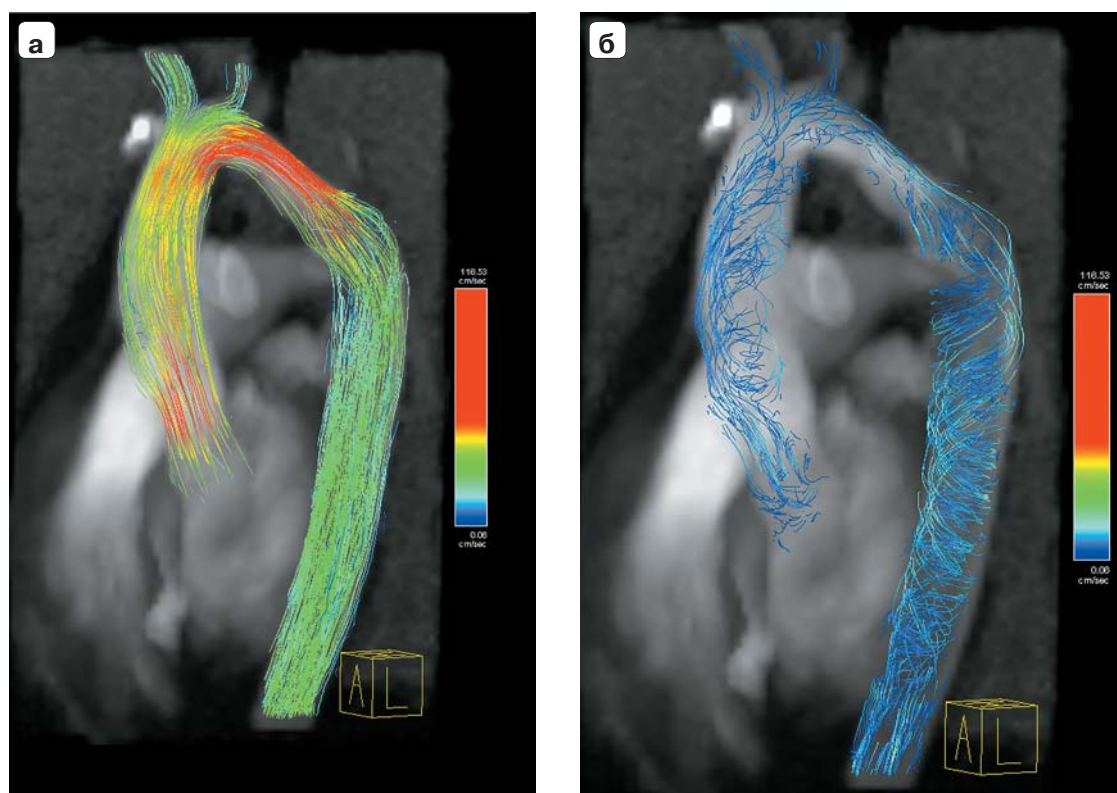
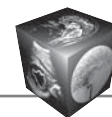


Рис. 2. МР-данные 4D-цветового картирования скорости и распределения линий потока. **а** – в систолу желудочков отмечается увеличение скорости потока в восходящем отделе аорты и перешейке (наиболее высокая скорость обозначена красным цветом); **б** – в диастолу желудочков сохраняется спиральный поток в нисходящей аорте на протяжении всей диастолы.

Fig. 2. MRI 4D color mapping of velocity and flow line distribution. **a** – in the ventricular systole, there is an increase in the flow velocity in the ascending aorta and isthmus (the highest velocity is indicated in red); **b** – in the ventricular diastole a spiral flow is maintained in the descending aorta throughout the entire diastole.

пожизненное наблюдение кардиологами с определением сократительной способности миокарда, размеров и конфигурации аорты. В связи с этим перспективным выглядит использование программы МР-4D-картирования потока “4D-Flow” для определения патофизиологических состояний, лежащих в основе осложнений после коррекции коарктации аорты, что может в будущем помочь в определении интервалов наблюдения и тактики ведения пациентов после коррекции коарктации аорты [6].

Заключение

Несмотря на то что традиционные методы визуализации (ЭхоКГ и МСКТ) играют ведущую роль в диагностике патологии аорты, возрастает роль МРТ в динамическом наблюдении у пациентов после коррекции коарктации аорты. МР-пакет 4D-flow в естественных условиях позволяет детально изучить геометрию потока и показатели кровотока, получить развернутую картину состоя-

ния аорты, что дает потенциальные преимущества в комплексном обследовании пациентов с коарктацией аорты при динамическом наблюдении.

Участие авторов

Шляппо М.А. – сбор и обработка материала; концепция исследования, написание текста и подготовка иллюстраций.

Юрпольская Л.А. – концепция и дизайн исследования, расчет 4D-flow, редактирование текста.

Макаренко В.Н. – утверждение окончательного варианта.

Дорофеев А.В. – обеспечение проведения исследований.

Authors participation

Shlyappo M.A. – collection and processing of material; research concept, text writing and preparation of illustrations.

Yurpolskaya L.A. – research concept, 4D-flow calculation, text editing.

Makarenko V.N. – approval of the final version.

Dorofeev A.V. – research support.



Список литературы

1. Левченко Е.Г., Свободов А.А. Резекция коарктации аорты у детей: проблемы в отдаленном периоде. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2018; 19 (3): 271–279. <http://doi.org/10.24022/1810-0694-2018-19-3-271-279>
2. Ильин А.С., Теплов П.В., Сакович В.А. Коарктация аорты как патология сердечно-сосудистой системы. Наши возможности в хирургии. *Сибирское медицинское обозрение*. 2018; 3: 24–33. <http://doi.org/10.20333/2500136-2018-3-24-33>
3. Dias M.Q., Barros A., Leite-Moreira A., Miranda J.O. Risk factors for recoarctation and mortality in infants submitted to aortic coarctation repair: a systematic review. *Pediatr. Cardiol.* 2020; 41 (3): 561–575. <http://doi.org/10.1007/s00246-020-02319-w>
4. Dijkema E.J., Leiner T., Grotenhuis H.B. Diagnosis, imaging and clinical management of aortic coarctation. *Heart*. 2017; 103: 1148–55. <http://doi.org/10.1136/heartjnl2017-311173>
5. Hope M.D., Meadows A.K., Hope T.A. et al. Clinical evaluation of aortic coarctation with 4D flow MR imaging. *J. Magn. Reson. Imaging*. 2010; 31 (3): 711–718. <http://doi.org/10.1002/jmri.22083>
6. Yurpolskaya L.A., Shlyappo M.A., Makarenko V.N., Svobodov A.A., Levchenko E.G., Makarenko M.V. et al. 4D FLOW Magnetic Resonance Imaging in the Study of Blood Flow in Patients With Aortic Coarctation in the Long-Term After Surgery. *Kardiologiya*. 2020; 60 (8): 54–64. (In Russian)
7. Ntsinjana H.N., Biglino G., Capelli C. et al. Aortic arch shape is not associated with hypertensive response to exercise in patients with repaired congenital heart diseases. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2013; 15 (1): 101. <http://doi.org/10.1186/1532-429X-15-101>

References

1. Levchenko E.G., Svobodov A.A. Resection of coarctation of the aorta in children: the problem in the long term. *Bulletin of Bakoulev Center for Cardiovascular Diseases*. 2018; 19 (3): 271–279. <http://doi.org/10.24022/1810-0694-2018-19-3-271-279> (In Russian)
2. Ilin A.S., Teplov P.V., Sakovich V.A. Aorta coarctation as a pathology of cardiovascular system. Our potential in surgery. *Siberian Medical Review*. 2018; 3: 24–33. <http://doi.org/10.20333/2500136-2018-3-24-33> (In Russian)
3. Dias M.Q., Barros A., Leite-Moreira A., Miranda J.O. Risk factors for recoarctation and mortality in infants submitted to aortic coarctation repair: a systematic review. *Pediatr. Cardiol.* 2020; 41 (3): 561–575. <http://doi.org/10.1007/s00246-020-02319-w>
4. Dijkema E.J., Leiner T., Grotenhuis H.B. Diagnosis, imaging and clinical management of aortic coarctation. *Heart*. 2017; 103: 1148–55. <http://doi.org/10.1136/heartjnl2017-311173>
5. Hope M.D., Meadows A.K., Hope T.A. et al. Clinical evaluation of aortic coarctation with 4D flow MR imaging. *J. Magn. Reson. Imaging*. 2010; 31 (3): 711–718. <http://doi.org/10.1002/jmri.22083>
6. Yurpolskaya L.A., Shlyappo M.A., Makarenko V.N., Svobodov A.A., Levchenko E.G., Makarenko M.V. et al. 4D FLOW Magnetic Resonance Imaging in the Study of Blood Flow in Patients With Aortic Coarctation in the Long-Term After Surgery. *Kardiologiya*. 2020; 60 (8): 54–64. (In Russian)
7. Ntsinjana H.N., Biglino G., Capelli C. et al. Aortic arch shape is not associated with hypertensive response to exercise in patients with repaired congenital heart diseases. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2013; 15 (1): 101. <http://doi.org/10.1186/1532-429X-15-101>

Для корреспонденции*: Шляппо Мария Александровна – mariyashlyappo@mail.ru

Шляппо Мария Александровна – канд. мед. наук, врач-рентгенолог отдела рентгенодиагностики, КТ и МРТ ФГБУ «НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6264-8919>

Юрпольская Людмила Анатольевна – доктор мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела рентгенодиагностики, КТ и МРТ ФГБУ «НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7780-2405>

Макаренко Владимир Николаевич – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела рентгенодиагностики, КТ и МРТ ФГБУ «НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-8700-7592>

Дорофеев Алексей Владимирович – канд. мед. наук, заведующий отделом рентгенодиагностики, КТ и МРТ ФГБУ «НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9458-4208>

Contact*: Maria A. Shlyappo – mariyashlyappo@mail.ru

Maria A. Shlyappo – Cand. of Sci. (Med.), radiologist of department of X-ray diagnostics, CT and MRI, A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6264-8919>

Lyudmila A. Yurpolskaya – Doct. of Sci. (Med.), lead researcher of department of X-ray diagnostics, CT and MRI, A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7780-2405>

Vladimir N. Makarenko – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher of department of X-ray diagnostics, CT and MRI, A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-8700-7592>

Aleksey V. Dorofeev – Cand. of Sci. (Med.), Chief of the department of X-ray diagnostics, CT and MRI, A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9458-4208>