

© CC 0 Коллектив авторов, 2022
УДК 616.132-007.271-089-053.32
DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-6-51-57

ЭТАПНАЯ КОРРЕКЦИЯ КОАРКТАЦИИ АОРТЫ У МАЛОВЕСНЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ (ПЕРВЫЙ ОПЫТ)

А. В. Нохрин*, М. И. Комиссаров, И. Ю. Алешин, Л. Л. Попова, Е. В. Тризна,
О. А. Мурашова, 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 29.12.2022 г.; принята к печати 06.04.2023 г.

Коарктация аорты у маловесных (менее 2,2 кг) и недоношенных новорожденных при коморбидных состояниях до сих пор является актуальной проблемой неонатологии и кардиохирургии. Закрытие открытого артериального протока и невозможность поддержания его функционирования препаратами простагландинового ряда приводят к фатальным осложнениям вследствие нарушения системной перфузии. Хирургическое вмешательство у данной группы пациентов несет крайне высокие риски и неудовлетворительные результаты. В таких ситуациях этапная коррекция является перспективным направлением. Стентирование коарктации аорты позволяет с минимальными рисками восстановить гемодинамику на уровне перешейка аорты. В межэтапный период появляется возможность провести лечение коморбидных состояний и подготовить пациента к радикальной коррекции.

Ключевые слова: коарктация аорты, стент-графт, маловесный новорожденный

Для цитирования: Нохрин А. В., Комиссаров М. И., Алешин И. Ю., Попова Л. Л., Тризна Е. В., Мурашова О. А., Гвоздь Е. М., Иванов Д. О. Этапная коррекция коарктации аорты у маловесных новорожденных (первый опыт). *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2022;181(6):51–57. DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-6-51-57.

* **Автор для связи:** Андрей Валерьевич Нохрин, ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России, 194100, Россия, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2. E-mail: nokhrin.andrei@yandex.ru.

STAGE-BY-STAGE CORRECTION OF AORTIC COARCTATION IN LOW-WEIGHT NEWBORNS (FIRST EXPERIENCE)

Andrey V. Nokhrin*, Mikhail I. Komissarov, Ivan Yu. Alyoshin, Lilia L. Popova,
Evgeny V. Trizna, Olga A. Murashova, Egor M. Gvozd, Dmitry O. Ivanov

Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

Received 29.12.2022; accepted 06.04.2023

Aortic coarctation in low-weight (less than 2.2 kg) and premature newborns with comorbid conditions is still a current problem of neonatology and cardiac surgery. The closure of the patent ductus arteriosus and the inability to maintain its functioning with prostaglandin medication leads to fatal complications due to a violation of systemic perfusion. Surgical intervention in this group of patients has extremely high risks and unsatisfactory results. In such situations, stage-by-stage correction is a promising direction. Stenting of aortic coarctation allows restoring hemodynamics at the level of the aortic isthmus with minimal risks. In the inter-stage period, it becomes possible to treat comorbid conditions and prepare a patient for radical correction.

Keywords: aortic coarctation, stent graft, low-weight newborn

For citation: Nokhrin A. V., Komissarov M. I., Alyoshin I. Yu., Popova L. L., Trizna E. V., Murashova O. A., Gvozd E. M., Ivanov D. O. Stage-by-stage correction of aortic coarctation in low-weight newborns (first experience). *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2022;181(6):51–57. (In Russ.). DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-6-51-57.

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

Введение. Коарктация аорты у маловесных (менее 2,2 кг) новорожденных при коморбидных состояниях до сих пор является актуальной проблемой неонатологии и кардиохирургии. Хирургическое вмешательство у данной группы пациентов несет крайне высокие риски и неудовлетворительные результаты. По данным мировой литературы, они связаны с проведением искусственного кровообращения (ИК) и госпитальной летальностью [1]. Недоношенные новорожденные имеют морфофункциональную незрелость органов и систем, а также ограниченные резервы ауторегуляции, что вносит отрицательный вклад в исход оперативного лечения [2]. У 20–25 % детей с очень низкой массой тела при рождении развивается внутрижелудочковое кровоизлияние (ВЖК) из-за «незрелости» нервной системы. Новорожденные, перенесшие неврологическую катастрофу, подвержены риску последующего развития когнитивных нарушений, нарушений поведения, дефицита внимания и социализации. Проведение открытой операции у таких пациентов делает их более уязвимыми к повреждению головного мозга, особенно в условиях тотальной гепаринизации при проведении искусственного кровообращения. Оперативное вмешательство и проведение ИК вызывают обильную системную воспалительную реакцию, неблагоприятные последствия которой более выражены на незрелых органах недоношенных новорожденных. У таких пациентов высока частота рестенозов аорты [3,4] в отдаленном периоде. Баллонная дилатация коарктации аорты была разработана и выполнена в эксперименте в 1982 г. [5], успешно выполнена при рекоарктации у новорожденного [6]. Однако баллонная ангиопластика показала низкую эффективность методики: высокую частоту рестенозов и реинтервенций у недоношенных новорожденных [7]. Длительная инфузия простагландинов может быть неэффективна, а также может вызвать ос-

ложнения, связанные с применением препаратов данной группы, требует постоянного нахождения в отделении интенсивной терапии. Развитие некротического энтероколита, желудочно-кишечного кровотечения, реализация инфекционного процесса, внутрижелудочковые кровоизлияния головного мозга – эти факторы могут отложить сроки открытого оперативного вмешательства. При лечении множественных пороков развития и коморбидных состояний новорожденных встает вопрос об этапности лечения, о том, какая операция должна быть проведена первой, какое состояние представляет большую угрозу для новорожденного. Такая коаркта недоношенных пациентов требует от мультидисциплинарной команды врачей поиска «нестандартной» методики, которая позволит свести к минимуму риски открытой операции и достигнуть оптимальных гемодинамических показателей с приемлемыми непосредственными и отдаленными результатами.

Одними из первых методику стентирования коарктации аорты голометаллическим стентом описали М. Р. О’Laughlin et al. в 1991 г. [8]. Рентгенэндоваскулярный подход у недоношенных новорожденных неоднократно описывался различными авторами, однако число публикаций крайне ограничено как в мировой литературе [9], так и в России [10]. Вероятно, что небольшое число публикаций связано со спецификой организации неонатальной и кардиохирургической службы. В нашей университетской клинике кардиохирургическая служба интегрирована в перинатальный центр 3 уровня, эта особенность определяется необходимостью оказания высокотехнологичной медицинской помощи пациентам с множественными врожденными аномалиями развития.

Целью нашего исследования явился анализ непосредственных и среднеотдаленных результатов этапного хирургического лечения маловесных

Таблица 1

Клиническая характеристика новорожденных до стентирования коарктации аорты

Table 1

Clinical characteristics of newborns before aortic coarctation stenting

	Гестационный возраст, недели	Вес при рождении, грамм	Возраст перед первым этапом, дни	Вес перед первым этапом, грамм	Сопутствующие факторы, коморбидные состояния
Пациент 1	33	1380	56	2000	Рекоарктация аорты после ее резекции из переднебоковой торакотомии с формированием расширенного косого анастомоза в возрасте 23 дней. Атрезия пищевода с нижним трахеально-пищеводным свищем. Ларингомалиция. Левосторонняя пиелозктазия
Пациент 2	35	2160	8	2200	Гипоплазия дуги аорты. НЭК. ЖКК. ОПН. (Неэффективность ПГЕ терапии). Геморрагическая болезнь новорожденных
Пациент 3	31	1090	74	1650	Гипоплазия дуги аорты. ДМЖП. ОАП. ООО. Добавочная ВПВ. НЭК. ЖКК. Мультикистозная дисплазия правой почки. ОПН

Примечание: ОПН – острое повреждение почек, НЭК – некротический энтероколит, ПГЕ – простагландин Е, ВПВ – верхняя полая вена, ООО – открытое овальное окно, ЖКК – желудочно-кишечное кровотечение.

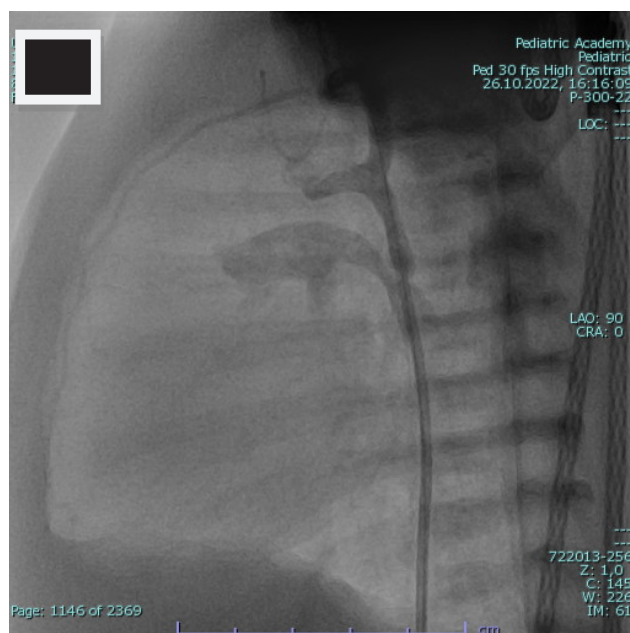


Рис. 1. Диагностическая ангиография. Коарктация аорты с сужением до 1,6 мм, сегмент А – 4,6 мм, функционирующий ОАП
 Fig. 1. Diagnostic angiography. Coarctation of the aorta with narrowing up to 1.6 mm, segment A – 4.6 mm, persisting patent ductus arteriosus

и недоношенных новорожденных с коморбидными состояниями.

Методы и материалы. 3 недоношенных ребенка при рождении имели низкую массу тела, дуктус-зависимое системное кровообращение, постоянную инфузию простагландина Е, зависимость от искусственной вентиляции легких. Характеристика пациентов представлена в *табл. 1*.

Риски проведения открытой операции у данных пациентов были крайне высокими. Учитывая тяжесть состояния пациентов, связанную с недостаточностью системного кровообращения (НЭК, олигоурия, лактацидоз) на фоне спонтанного закрытия ОАП, сопутствующей патологией и весом пациентов, кардиохирургической командой было принято решение о проведении стентирования суженного участка аорты по неотложным показаниям. Мы используем стандартизированный протокол стентирования коарктации аорты. Пациент находится в положении лежа на спине на рентгеноперационном столе, создаются необходимые температурные режимы для недоношенного ребенка. Анестезиологическое обеспечение выполнялось в объеме общей комбинированной анестезии с инвазивной искусственной вентиляцией легких с использованием ингаляционного анестетика Севоран® 0,5 МАК, внутривенного введения опиоидного анальгетика (фентанил 3 мкг/кг/ч), миоплегии (рокурония бромид 0,2 мг/кг). После постановки интродьюсера в бедренную артерию вводился антикоагулянт прямого действия (гепарин натрия 12,5 ЕД/кг) с целью профилактики тромбообразования. Респираторная поддержка проводилась наркозным аппаратом Drager Primus®, режим вентиляции Pressure Mode. В ходе оперативного вмешательства проводился мониторинг витальных функций (транскутанная оксиметрия, частота сердечных сокращений, электрокардиография, артериальное давление, капнография).

Рентгенхирург выполнял пункцию бедренной артерии по Сельдингеру, устанавливал трансрадиальный интродьюсер Radifocus™ Introducer II (Terumo®) 4 Fr. Далее проводилась диагностическая ангиография (рис. 1), инвазивное измерение

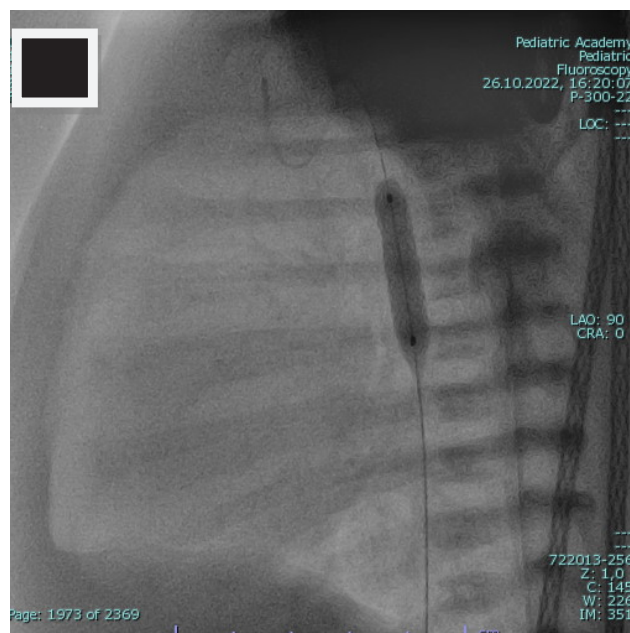


Рис. 2. Установка стент-графта по коронарному проводнику. Баллон раздувается до 6–8 Атм
 Fig. 2. Stent graft implantation along the coronary conductor. The balloon is inflated to 6–8 Atm

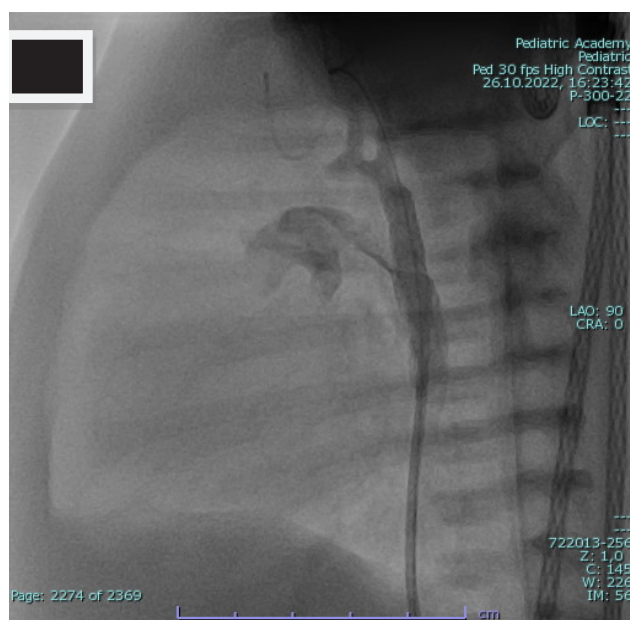


Рис. 3. Контрольная ангиография после установки стент-графта

Fig. 3. Control angiography after stent graft implantation

гемодинамических показателей, расчет градиента давления на перешейке аорты и подтверждение диагноза. В тех ситуациях, когда через зону коарктации нет возможности провести диагностический катетер диаметром 4 Fr, используется катетер 3 Fr (Balt®). Жесткий коронарный проводник CHOICE™ extra support (Boston scientific®) или HT WHISPER™ extra support (Abbott Vascular®) устанавливается в левую (предпочтительно) или правую подключичную артерию. По проводнику доставляется стент-графт PK Papurus (Biotronik®) [11] и раздувается баллоном до номинального давления (рис. 2). Производится контрольная ангиография (рис. 3), оцениваются положение

Таблица 2

Гемодинамические показатели по результатам эхокардиографии до и после стентирования

Table 2

Hemodynamic parameters according to the results of echocardiography before and after stenting

	ФВлж, до стентирования, %	ГДпик/ср на перешейке аорты до стентирования, mmHg	ФВлж, после стентирования, %	ГДпик/ср на перешейке аорты после стентирования, mmHg	ГДпик/ср на перешейке аорты перед вторым этапом, mmHg
Пациент 1	66	58/25	66	15/5	14/7
Пациент 2	65	34/16	65	15/6	16/7
Пациент 3	68	50/23	70	17/8	22/8

Примечание: здесь и далее ФВлж – фракция выброса левого желудочка, ГДпик/ср – градиент давления пиковый и средний.

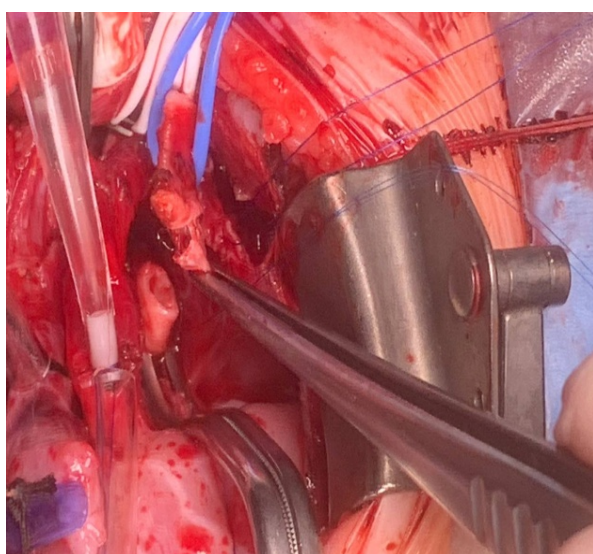


Рис. 4. Комплекс ткани аорты – стент после резекции
Fig. 4. Aortic tissue complex – stent after resection

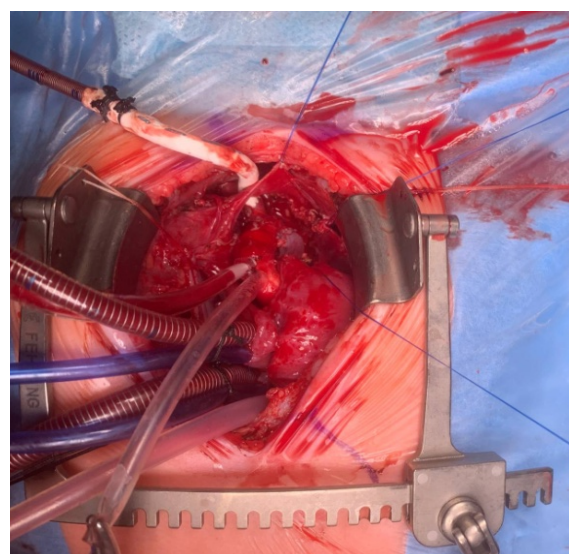


Рис. 5. Результат реконструкции аорты
Fig. 5. The result of aortic reconstruction

стент-графта и гемодинамические показатели. Далее рентгенохирург удаляет интродьюсер, выполняет гемостаз путем пальцевого прижатия, и накладывается давящая повязка.

Результаты. Все новорожденные хорошо перенесли процедуру стентирования коарктации аорты, осложнений не отмечалось. Применялась стартовая терапия гепарином натрия в начальной дозе 12,5 ЕД/кг/час с последующим титрованием до целевых показателей Activated clotting time (ACT) – 160–180 секунд до назначения перорального приема ацетилсалициловой кислоты. Пациенты были экстубированы на 1–11-е сутки (в среднем $5 \pm 4,5$ суток) после операции. Признаки гипоперфузии системного кровообращения были купированы: компенсирован лактацидоз, восстановлена функция почек и кишечника. Все пациенты выжили, а стабилизация состояния позволила не только выходить пациентов до приемлемых масса-ростовых показателей (веса 3–3,5 кг), но и провести обследование и лечение сопутствующих состояний, в том числе жизнеугрожающих. Пациенту 1 было выполнено оперативное лечение атрезии пищевода, пиелэктазии, проведена диагностика и определена тактика лечения ларингомаляции. Пациенту 3 была проведена диагностика и определена так-

тика лечения мультикистозной дисплазии почки. Результаты эхокардиографии пациентов представлены в табл. 2. Между первым и вторым этапами пациенты находились под постоянным контролем специалистов нашей клиники. Дети получали ацетилсалициловую кислоту в дозе 5 мг/кг/сутки до второго этапа вмешательства. Радикальная коррекция порока выполнялась в сроки 40–110 дней (в среднем $70 \pm 25,3$ дней) в плановом порядке.

Второй этап коррекции проводился по принятой в нашем центре методике резекции комплекса ткани аорты-стент и комбинированной пластики дуги аорты заплатой из аутоперикарда [12]. Оперативное вмешательство выполнялось под многокомпонентной комбинированной анестезией в условиях искусственного кровообращения, кардиopleгии и антеградной перфузии головного мозга. При достижении гипотермии 25 °С иссекался комплекс ткани аорты-стент (рис. 4) и выполнялась реконструкция дуги аорты, которая продольно рассекалась по малой кривизне на всем протяжении вплоть до восходящего отдела аорты. Нитью полипропилен 8/0 выполнялась пластика задней стенки аорты тканями нисходящего отдела аорты, пластика

Таблица 3

Гемодинамические показатели по результатам эхокардиографии после второго этапа

Table 3

Hemodynamic parameters according to the results of echocardiography after the second stage

	ФВлж, %	ГДпик/ср на перешейке, mmHg	Скорость кровотока на аортальном клапане, м/с	Скорость кровотока в брюшном отделе аорты, м/с	ГДпик/ср на перешейке аорты перед вторым этапом, mmHg
Пациент 1	67	14/7	1,1	0,7	14/7
Пациент 2	65	16/7	1,2	0,8	16/7
Пациент 3	65	23/12	1,2	0,7	22/8

передней стенки осуществлялась с использованием фиксированной заплаты из аутоперикарда (рис. 5).

После проведения второго этапа лечения все пациенты выжили, инотропная поддержка в раннем послеоперационном периоде проводилась в минимальных дозировках. Признаков гипоперфузии системного кровотока не отмечалось. Время искусственной вентиляции легких составило от 2 до 6 дней (в среднем 4 ± 2). Результаты эхокардиографических исследований представлены в табл. 3.

Обсуждение. Хирургическое вмешательство является «золотым стандартом» лечения коарктации аорты у детей. В нашей практике мы руководствуемся клиническими рекомендациями министерства здравоохранения РФ [13], однако рекомендации не учитывают описанную нами когорту пациентов. Оказание кардиохирургической помощи таким больным имеет существенные особенности, поэтому разработка и внедрение новых, безопасных для данной группы пациентов методов лечения является актуальной задачей кардиохирургической службы.

Выбор оперативной тактики лечения зависит от состояния пациента. С учетом недоношенности и морфофункциональной незрелости предложено использовать различные подходы при коарктации аорты [14]. Влияние циркуляторного ареста и/или искусственного кровообращения на «незрелые» системы органов являются дополнительными факторами, подвергающими недоношенных новорожденных с низкой массой тела при рождении большому риску смертности и осложнений после операции [15]. На наш взгляд, у такой когорты пациентов рентгенэндоваскулярный подход является оптимальным. По данным P. Grieshaber et al. (2022) [16], сроки реконструкции аорты зависели от гемодинамических показателей и признаков рекоарктации аорты в месте имплантации голометаллического стента. Причина возникновения рекоарктации связана с дуктальной тканью и неоинтимальными произрастаниями через балки голометаллического стента, а также его диаметром, который составлял 3,5–4 мм во время имплантации. Гистологические признаки неоинтимальных разрастаний продемонстрировал W. Radtke et al. в 2002 г. [17].

Предложенная нами идея применения покрытого стент-графта для данной позиции обусловлена

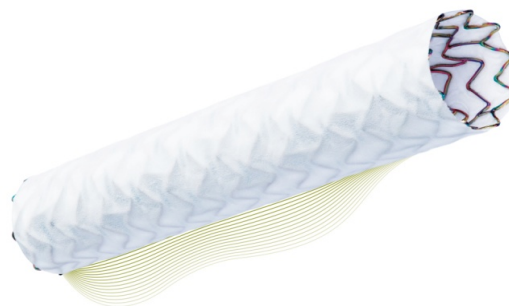


Рис. 6. Стент-графт PK Papyrus (Biotronik)

Fig. 6. PK Papyrus stent graft (Biotronik)

его инновационной конструкцией. Стент-графт РК Papyrus (Biotronik®) – это коронарный стент-графт, покрытый тонкоплетеной, высокоэластичной полиуретановой мембраной (рис. 6). В отличие от классических покрытых стентов, мембрана стента Papyrus расположена на его наружной части, что позволяет эффективно герметизировать интимальные разрывы и перфорации, снижая риск разрыва аорты и кровотечения. По нашему мнению, полиуретановая мембрана ограничивает дуктальную ткань, препятствуя ее экспансированию и рестенозу аорты в среднесрочной перспективе. Учитывая специфику лечения новорожденных с множественными пороками развития, необходимость выхаживания детей с низкой и экстремально низкой массой тела является очень актуальной задачей для всех специалистов. Используемый нами этапный подход позволяет также лечить сопутствующую патологию у маловесных детей с коморбидными состояниями и при этом не проводить постоянную и длительную инфузию простагландина E.

Выводы. Исходя из полученных нами результатов, можно сказать, что проведение этапной коррекции коарктации аорты у маловесных (недоношенных) новорожденных с коморбидными состояниями является безопасной альтернативой первичной радикальной коррекции и позволяет избежать полиорганных осложнений, связанных с морфофункциональной незрелостью. Стентирование суженного участка аорты покрытым стентом показало высокую эффективность восстановления системного кровотока. Этап радикальной коррекции с удалением комплекса ткани аорты – стента – технически не отличается от первичной резекции

коарктации аорты. Предложенная тактика лечения маловесных пациентов с коморбидными состояниями позволит снизить летальность и улучшить результаты хирургического лечения.

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

- Oster M. E., McCracken C., Kiener A. et al. Long-term survival of patients with coarctation repaired during infancy (from the Pediatric Cardiac Care Consortium) // *Am J Cardiol.* 2019. Vol. 124, № 5. P. 795–802. Doi: 10.1016/j.amjcard.2019.05.047. PMID: 31272703; PMCID: PMC6702038.
- Krishnamurthy G. Cardiopulmonary bypass in premature and low birth weight neonates – implications for postoperative care from a neonatologist / Intensivist Perspective // *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2019. Vol. 22. P. 2–9. Doi: 10.1053/j.pcsu.2019.02.009. PMID: 31027559.
- Hager A., Schreiber C., Nutzl S., Hess J. Mortality and restenosis rate of surgical coarctation repair in infancy: a study of 191 patients // *Cardiology.* 2009. Vol. 112, № 1. P. 36–41. Doi: 10.1159/000137697. PMID: 18580057.
- Dias M. Q., Barros A., Leite-Moreira A., Miranda J. O. Risk factors for re-coarctation and mortality in Infants submitted to aortic coarctation repair: a systematic review // *Pediatr Cardiol.* 2020. Vol. 41, № 3. P. 561–575. Doi: 10.1007/s00246-020-02319-w. PMID: 32107586.
- Lock J. E., Niemi T., Burke B. A., Einzig S., Castaneda-Zuniga W. R. Transcatheter angioplasty of experimental aortic coarctation // *Circulation.* 1982. Vol. 66, № 6. P. 1280–6. Doi: 10.1161/01.cir.66.6.1280. PMID: 6216025.
- Singer M. I., Rowen M., Dorsey T. J. Transluminal aortic balloon angioplasty for coarctation of the aorta in the newborn // *Am Heart J.* 1982. Vol. 103, № 1. P. 131–2. Doi: 10.1016/0002-8703(82)90539-7. PMID: 6459728.
- Sen S., Garg S., Rao S. G., Kulkarni S. Native aortic coarctation in neonates and infants: Immediate and midterm outcomes with balloon angioplasty and surgery // *Ann Pediatr Cardiol.* 2018. Vol. 11, № 3. P. 261–266. Doi: 10.4103/apc.APC_165_17. PMID: 30271015. Vol. PMCID: PMC6146845.
- O’Laughlin M. P., Perry S. B., Lock J. E., Mullins C. E. Use of endovascular stents in congenital heart disease // *Circulation.* 1991. Vol. 83, № 6. P. 1923–39. Doi: 10.1161/01.cir.83.6.1923. PMID: 2040045.
- Mini N., Zartner P. A., Schneider M. B. E. Stenting of critical aortic coarctation in neonates between 600 and 1,350 g. Using a transfemoral artery approach. A single center experience // *Front Cardiovasc Med.* 2022. Vol. 9. P. 1025411. Doi: 10.3389/fcvm.2022.1025411. PMID: 36312251. Vol. PMCID: PMC9601737.
- Сойнов И. А., Кулябин Ю. Ю., Горбатов А. В. и др. Паллиативное стентирование коарктации аорты у новорожденного пациента в критическом состоянии // *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2019. Т. 23, № 1, С. 78–82.
- Simsek B., Karacsonyi J., Brilakis E. S. PK Papyrus: The New Standard for Sealing Large-Vessel Coronary Perforations // *Cardiovasc Revasc*

Med. 2022. Vol. 43. P. 102–103. Doi: 10.1016/j.carrev.2022.07.006. PMID: 35864000.

- Karl T. R., Sano S., Brawn W., Mee R. B. Repair of hypoplastic or interrupted aortic arch via sternotomy // *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992. Vol. 104, № 3. P. 688–95. PMID: 1513158.
- Коарктация аорты : Клинические рекомендации / Ассоциация сердечно-сосудистых хирургов России, Ассоциация детских кардиологов России, Российское научное общество специалистов по рентгеноэндоваскулярной диагностике и лечению. М., 2020.
- Базылев В. В., Чупров М. П., Щеглова К. Т., Бофанов Д. А., Щеглов С. Е. Клинический случай успешной коррекции коарктации аорты с гипоплазией дистальной дуги аорты у недоношенного ребенка с очень низкой массой тела при рождении // *Педиатр.* 2022. Т. 13, № 4. С. 101–106. Doi: 10.17816/PED134101-106.
- Seo D. M., Park J. J., Yun T. J. et al. The Outcome of Open Heart Surgery for Congenital Heart Disease in Infants With Low Body Weight Less Than 2500 g // *Pediatr Cardiol.* 2011. Vol. 32. P. 578–584. Doi: 10.1007/s00246-011-9910-2.
- Grieshaber P., Merbecks M., Jaschinski C. et al. Surgical Treatment Following Stent Angioplasty for High-Risk Neonates With Critical Coarctation of the Aorta // *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2022. Vol. 13, № 4. P. 426–435. Doi: 10.1177/21501351221099933. PMID: 35757941. Vol. PMCID: PMC9243453.
- Radtke W. A., Waller B. R., Hebra A., Bradley S. M. Palliative stent implantation for aortic coarctation in premature infants weighing <1,500 g // *Am J Cardiol.* 2002. Vol. 90, № 12. P. 1409–12. Doi: 10.1016/s0002-9149(02)02887-4. PMID: 12480059.

REFERENCES

- Oster M. E., McCracken C., Kiener A. et al. Long-term survival of patients with coarctation repaired during infancy (from the Pediatric Cardiac Care Consortium) // *Am J Cardiol.* 2019;124(5):795–802. Doi: 10.1016/j.amjcard.2019.05.047. PMID: 31272703; PMCID: PMC6702038.
- Krishnamurthy G. Cardiopulmonary bypass in premature and low birth weight neonates – implications for postoperative care from a neonatologist / Intensivist Perspective // *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2019;22:2–9. Doi: 10.1053/j.pcsu.2019.02.009. PMID: 31027559.
- Hager A., Schreiber C., Nutzl S., Hess J. Mortality and restenosis rate of surgical coarctation repair in infancy: a study of 191 patients // *Cardiology.* 2009;112(1):36–41. Doi: 10.1159/000137697. PMID: 18580057.
- Dias M. Q., Barros A., Leite-Moreira A., Miranda J. O. Risk factors for re-coarctation and mortality in infants submitted to aortic coarctation repair: a systematic review // *Pediatr Cardiol.* 2020;41(3):561–575. Doi: 10.1007/s00246-020-02319-w. PMID: 32107586.
- Lock J. E., Niemi T., Burke B. A., Einzig S., Castaneda-Zuniga W. R. Transcatheter angioplasty of experimental aortic coarctation // *Circulation.* 1982;66(6):1280–6. Doi: 10.1161/01.cir.66.6.1280. PMID: 6216025.
- Singer M. I., Rowen M., Dorsey T. J. Transluminal aortic balloon angioplasty for coarctation of the aorta in the newborn // *Am Heart J.* 1982;103(1):131–2. Doi: 10.1016/0002-8703(82)90539-7. PMID: 6459728.
- Sen S., Garg S., Rao S. G., Kulkarni S. Native aortic coarctation in neonates and infants: Immediate and midterm outcomes with balloon angioplasty and surgery // *Ann Pediatr Cardiol.* 2018;11(3):261–266. Doi: 10.4103/apc.APC_165_17. PMID: 30271015; PMCID: PMC6146845.
- O’Laughlin M. P., Perry S. B., Lock J. E., Mullins C. E. Use of endovascular stents in congenital heart disease // *Circulation.* 1991;83(6):1923–39. Doi: 10.1161/01.cir.83.6.1923. PMID: 2040045.
- Mini N., Zartner P. A., Schneider M. B. E. Stenting of critical aortic coarctation in neonates between 600 and 1,350 g. Using a transfemoral artery approach. A single center experience // *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:1025411. Doi: 10.3389/fcvm.2022.1025411. PMID: 36312251; PMCID: PMC9601737.
- Soinov I. A., Kulyabin Yu. Yu., Gorbatykh A. V. et al. Palliative stenting of aortic coarctation in a newborn patient in critical condition // *Circulatory pathology and cardiac surgery.* 2019;23(1):78–82. (In Russ.).
- Simsek B., Karacsonyi J., Brilakis E. S. PK Papyrus: The New Standard for Sealing Large-Vessel Coronary Perforations // *Cardiovasc Revasc Med.* 2022;43:102–103. Doi: 10.1016/j.carrev.2022.07.006. PMID: 35864000.

12. Karl T. R., Sano S., Brawn W., Mee R. B. Repair of hypoplastic or interrupted aortic arch via sternotomy // *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992; 104(3):688–95. PMID: 1513158.
13. Coarctation of the aorta : clinical guidelines / Association of Cardiovascular Russian Association of Cardiovascular Surgeons, Association of Pediatric Cardiologists of Russia, Russian Scientific Society of Specialists in Endovascular Diagnostics and Treatment. Moscow, 2015. (In Russ.).
14. Bazylev V. V., Chuprov M. P., Shcheglova K. T., Bofanov D. A., Shcheglov S. E. A clinical case of successful correction of aortic coarctation with hypoplasia of the distal aortic arch in a premature baby with very low birth weight // *Pediatrician.* 2022;13(4):101–106. (In Russ.). Doi: 10.17816/PED134101-106.
15. Ceo M. D., Park J. J., Yoon T. J. et al. Results of open heart surgery for congenital heart disease in infants with a low body weight less than 2500 g. // *Pediatric Cardiology.* 2011;32:578–584. Doi: 10.1007/s00246-011-9910-2.
16. Grieshaber P., Merbek M., Yashinsky S. et al. Surgical treatment after angioplasty with a high-risk neonatal stent with critical aortic coarctation // *World pediatric surgery of congenital heart disease.* 2022;13(4):426–435. Doi: 10.1177/21501351221099933. PMID: 35757941; PMCID: PMC9243453.
17. Radtke W. A., Waller B. R., Hebra A., Bradley S. M. Palliative stent implantation for aortic coarctation in premature infants weighing <1,500 g // *Am J Cardiol.* 2002;90(12):1409–12. Doi: 10.1016/s0002-9149(02)02887-4. PMID: 12480059.

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; **Комиссаров Михаил Игорьевич**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры Хирургических болезней детского возраста им. Г.А. Баирова, врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечению микрохирургического отделения, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0003-4788-756; **Алешин Иван Юрьевич**, кандидат медицинских наук, врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечению микрохирургического отделения, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-1043-8503; **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; **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; **Мурашова Ольга Александровна**, врач анестезиолог-реаниматолог, отделения реанимации и интенсивной терапии, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-6908-8045; **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; **Komissarov Mikhail I.**, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Pediatric Surgical Diseases named after G.A. Baïrov, Doctor of X-ray Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment of Microsurgical Department, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0003-4788-756; **Alyoshin Ivan Yu.**, Cand. of Sci. (Med.), Doctor of X-ray Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment of Microsurgical Department, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-1043-8503; **Popova Lilia L.**, Pediatric Cardiologist, Intensive Care Unit for Children with Cardiac Pathology, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0003-0622-8367; **Trizna Evgeny V.**, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care for Children with Cardiac Pathology, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-6908-8045; **Murashova Olga A.**, Intensivist, Intensive Care Unit, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-6908-8045; **Gvozdz Egor M.**, Clinical Resident of the Department of Pediatric Surgical Diseases, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-3576-1892; **Ivanov Dmitry O.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Rector, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-0060-4168.