

ГИБРИДНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ СТЕНТА ПРИ РЕСТЕНОЗЕ ДИСТАЛЬНОГО АНАСТОМОЗА АОРТЫ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ НОРВУДА (КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ)

***Р.С. Тарасов** – д.м.н., зав.лаб. реконструктивной хирургии, зав.отд.кардиохирургии¹
А.В. Нохрин – к.м.н., старший научный сотрудник¹
А.И. Ануфриев – сердечно-сосудистый хирург¹
П.А. Шушпанников – врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению¹
И.В. Кузьмин – к.м.н., врач анестезиолог-реаниматолог¹
А.В. Кузьмин – к.м.н., врач анестезиолог-реаниматолог¹
К.К. Глебов – ординатор²

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт
 комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»
 650029 Российская Федерация, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6
²ФГБОУ ВО КеМГМУ Минздрава России
 650029 Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22а

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- рестеноз
- стентирование дистального анастомоза аорты
- гибридная операция
- забрюшинный доступ к аорте
- синдром гипоплазии левых отделов
- операция Норвуда.

АННОТАЦИЯ:

Введение: в статье представлен случай нестандартного гибридного вмешательства с использованием забрюшинного открытого доступа к инфраренальному отделу аорты у 11 месячного ребенка массой 6,590, с явлениями декомпенсации кровообращения, для имплантации стента с потенциалом увеличения его диаметра по мере роста ребенка.

Материалы и методы: пациенту выполнено обследование в объеме эхо-кардиографии (Эхо-КГ) и мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ), ангиографии. Показанием к операции стал рестеноз дистального анастомоза аорты после поэтапной хирургической коррекции при синдроме гипоплазии левых отделов сердца (операция Норвуда). Данная тактика была выбрана с учетом крайне высокого риска повторной хирургической операции, а также невозможность имплантации стента с потенциалом увеличения диаметра доступом через бедренную артерию (масса тела ребенка 6,6 кг).

Результаты: гладкое течение раннего послеоперационного периода, на фоне проводимой дезагрегантной терапии (аспирин 5 мг/кг в сутки) и антибиотикотерапии. При контрольной эхокардиографии (Эхо-КГ) - систолический градиент давления в зоне имплантации стента 22 мм рт. ст. Пациент выписан на амбулаторный этап, с последующим дообследованием через 6 месяцев и возможным повторном вмешательстве (дилатация стента баллоном большего диаметра) при нарастании градиента давления по мере роста ребенка. Предложенный вариант гибридного подхода у ребенка 11 мес. с массой тела 6,590 кг позволил избежать риска повторной хирургии в условиях циркуляторного ареста и продемонстрировал удовлетворительный ангиографический и клинический результат

Заключение: стентирование рестеноза дистального анастомоза аорты с использованием забрюшинного доступа может рассматриваться как операция выбора в специализированных центрах.

Для цитирования: Тарасов Р.С., Нохрин А.В., Ануфриев А.И., Шушпанников П.А., Кузьмин И.В., Кузьмин А.В., Глебов К.К. «ГИБРИДНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ СТЕНТА ПРИ РЕСТЕНОЗЕ ДИСТАЛЬНОГО АНАСТОМОЗА АОРТЫ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ НОРВУДА». Журнал «Диагностическая и интервенционная радиология». 2018; 12(3):53–60.

HYBRID STENT IMPLANTATION IN RESTENOSIS OF DISTAL AORTIC ANASTOMOSIS AFTER NORWOOD SURGERY (CLINICAL CASE)

***Tarasov R.S.** – MD, PhD, professor¹
Nokhrin A.V. – MD, PhD¹
Anufriev A.I. – MD¹
Shushpannikov P.A. – MD¹
Kuzmin I.V. – MD, PhD¹
Kuzmin A.V. – MD, PhD¹
Glebov K.K. – resident²

¹Federal State Budget Scientific Institution
 «State Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases»
 6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, Russian Federation, 650029
²Federal State Budget Educational Institution
 of Higher Education Kemerovo State Medical University
 22a, Voroshilova St., Kemerovo, Russian Federation, 650029

*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Тарасов Роман Сергеевич (Tarasov Roman Sergeevich), e-mail: roman.tarasov@mail.ru

KEY-WORDS:

- restenosis
- stenting of distal aortic anastomosis
- hybrid operation
- retroperitoneal access to the aorta
- hypoplastic left heart syndrome
- Norwood procedure

ABSTRACT:

Background: article presents a case of 11-month-old baby weighing 6,590, with phenomena of circulatory decompensation, and non-standard hybrid intervention using retroperitoneal open access to the infrarenal aorta - stent implantation with the potential for increasing its diameter as the child grows.

Materials and methods: the patient underwent examination - echocardiography (Echo-CG), multispiral computed tomography (MSCT), angiography. Indication for the operation was the restenosis of the distal aortic anastomosis after the stage-by-stage surgical correction of hypoplastic left heart syndrome (Norwood procedure). This tactic was chosen taking into account the extremely high risk of re-surgery, as well as the impossibility of stent implantation with the potential for increasing the diameter through access to the femoral artery (body weight of the child is 6.6 kg). The patient underwent stenting of restenosis of the distal aortic anastomosis through retroperitoneal open access to the infrarenal aorta.

Results: good early postoperative period, against the background of disaggregant therapy (aspirin 5 mg/kg per day) and antibiotic therapy. In control echocardiography (Echo-CG), the systolic pressure gradient in the stent implantation zone is 22 mm hg. The patient was discharged to an outpatient stage, followed by examination after 6 months and possible re-intervention (stent dilatation with a larger diameter balloon) as the pressure gradient rises as the child grows. Proposed hybrid approach in a child 11 months with a body weight of 6,590 kg allowed to avoid the risk of re-surgery in conditions of circulatory arrest and demonstrated a satisfactory angiographic and clinical result.

Conclusion: stenting of restenosis in distal aortic anastomosis using retroperitoneal access can be considered as a surgery of choice in specialized centers.

Введение

В клинической практике стеноз дистального анастомоза аорты после этапной операции Норвуда у пациентов с синдромом гипоплазии левых отделов сердца (СГЛОС) встречается по данным Sakari T. и соавт. в 25% случаев [1]. По мнению Кривошекова Е.В. и соавт., данное осложнение происходит в 16-30,7% случаев, в зависимости от выбора техники выполнения реконструкции [2].

В исследовании, проведенном Bartram U., обструкция путей оттока от системного правого желудочка на уровне дистального анастомоза аорты в 14% приводит к летальному исходу [3]. Механизм развития сердечной недостаточности объясняется увеличением постнагрузки и дисфункции системного желудочка с развитием низкого сердечного выброса и недостаточности трехстворчатого клапана, что ухудшает прогноз при последующих этапах коррекции [4].

Выполнение повторной «открытой» реконструкции дистального анастомоза несет высокие риски возникновения осложнений. В настоящее время операцией выбора является баллонная ангиопластика (БА) [5]. Тем не менее, анализ отдаленных результатов БА в ряде опубликованных независимых исследований показал высокий риск развития рестеноза [6-8], аневризм [9], кровотечения [10].

Методика стентирования при коарктации была предложена Labadibi I. [11] и Redington A. [12].

Общепринятым является мнение Richard E. [13], говорящее о том, что имплантация стента в зону коарктации или рекоарктации аорты ассоциируется с более стабильными отдаленными результатами. В ряде случаев, в качестве ургентной жизнеспасающей операции у детей первых дней или месяцев жизни может быть использована технология имплантации коронарного

или периферического стента, не требующая большой по диаметру системы доставки, с последующей его эксплантацией в рамках радикального этапа хирургической коррекции. Однако в ряде случаев, оптимальной технологией может оказаться имплантация стента с потенциалом его последующего расширения баллоном по мере роста ребенка. Возможность моделирования стента в процессе роста ребенка делает привлекательным использование подобных стентов, что может в значительной степени стать альтернативой повторных хирургических реконструкций в условиях циркуляторного ареста. Следует отметить, что возможность доставки стента ограничена анатомическими размерами бедренных артерий у младенцев и детей младшего возраста. Внедрение в клиническую практику гибридного подхода позволило пересмотреть возможности применения перспективных эндоваскулярных методов даже у детей первого года жизни.

По мнению Алекияна Б.Г., транскаротидный доступ иногда ограничен размером сонной артерии и изгибом



Рис. 1. МСКТ – ангиография зоны рестеноза дистального анастомоза аорты.

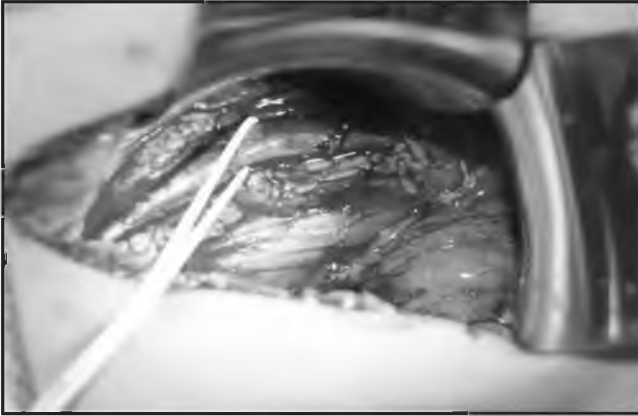


Рис. 2. Забрюшинный доступ к инфраренальному отделу аорты, сосуд выделен, взят на турникеты для катеризации.



Рис. 3. Пункция инфраренального отдела аорты, установлен проводник.

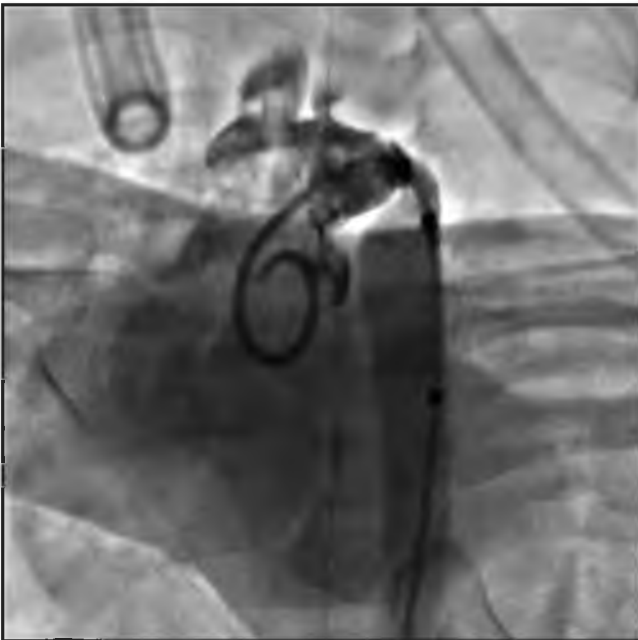


Рис. 4. Аортография с визуализацией зоны рестеноза дистального анастомоза аорты.

дуги неоаорты и сложностью позиционирования стента на перешейке аорты [14]. Новаторский гибридный трансторакальный доступ был предложен Пурсановым М.Г. и соавт. [15]. Однако, несмотря на все преимущества представленной методики, ее возможности, как правило, ограничены спаечным процессом в левой плевральной полости после ранее перенесенных оперативных вмешательств и рисками геморрагических осложнений при выделении грудного отдела аорты.

Представляемый клинический случай демонстрирует потенциал, клиническую целесообразность и техническую возможность реализации альтернативного гибридного подхода для имплантации стента в зону рестеноза дистального анастомоза у пациента с СГЛОС.

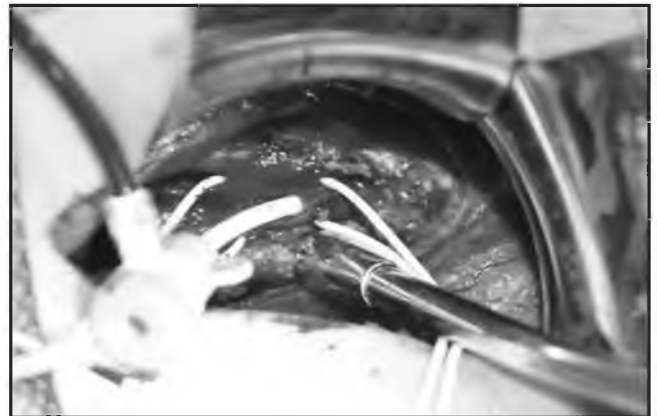


Рис. 5. Установлен интродьюсер 10F в инфраренальный отдел аорты.



Рис. 6. Стент «Andrastent XL» кремпирован на баллонный катетер диаметром 15 мм.

Клинический пример

Ребенок оперирован в возрасте 14 дней по поводу СГЛОС, была выполнена операция Норвуда с подключично – легочным анастомозом. Через 3 месяца проведена БА стеноза дистального анастомоза аорты, которая оказалась неэффективной. В этот же госпитальный период, выполнена коррекция стеноза дистального



Рис. 7. Этапы операции; а) - позиционирование стента в области рестеноза дистального анастомоза аорты через систему доставки 12 F; б) – дилатация стента, инфляция под давлением 4 атм.

анастомоза аорты через боковую торакотомию по методике непрямого истмопластики заплатой из ксеноперикарда. Однако, спустя несколько месяцев, в зоне вмешательства повторно возник рестеноз аорты. В возрасте 11 месяцев пациент повторно госпитализирован в клинику. Его антропометрические параметры были следующие: рост – 70,0 см; вес – 6,590 кг. Диаметр бедренных артерий: справа – 2,6 мм, слева – 2,5 мм.

Рестеноз дистального анастомоза аорты манифестировал клинически, и был подтвержден при помощи эхокардиографии (ЭХО-КГ) и мультиспиральной компьютерной томографии (МКСТ) с ангиографией (**рис. 1**). Размеры дуги аорты между брахицефальным стволом и левой сонной артерией 15 мм, диаметр дистального отдела дуги аорты 4,3 мм, протяженность суженного участка до 6 мм, диаметр нисходящего отдела аорты 15 мм.

Ход операции

Сосудистый доступ

Доступ осуществляли в параректальной области слева. Выделен инфраренальный отдела аорты от нижней

брыжеечной артерии до бифуркации аорты. Сосуд взят на турникеты (**рис. 2**).

Пункция аорты

При помощи иглы выполнили пункцию выделенного сегмента инфраренального отдела аорты. Через пункционную иглу завели проводник в аорту (**рис. 3**) с последующей установкой интродьюсера 5F.

После проведения аортографии с визуализацией зоны рестеноза дистального анастомоза (**рис. 4**) произвели замену интродьюсера 5F на 12F для доставки стента (**рис. 5**).

Доставка и имплантация стента

Кобальт-хромовый баллон-расширяемый стент «Andrastent XL» с возможностью его модификации баллоном в диапазоне от 15 до 25 мм, длиной 30 мм кремпирован на баллонном катетере длиной 40 мм и диаметром 15 мм (**рис. 6**).

При попытках проведения баллона с кремпированным на нем стентом через интродьюсер 10 F, дважды произошла дислокация стента в интродьюсере, что потребовало извлечения интродьюсера и удаления из него дислоцированного стента с повторным крем-



Рис. 8. Контрольная ангиография.

пированием на баллоне. Принято решение об использовании системы доставки 12 F, после этого баллон с кремпированным на нем стентом был беспрепятственно установлен в целевом сегменте аорты. После ангиографии, произведена инфляция баллона максимальным давлением - 4 атм. с имплантацией стента. С учетом жесткого стенозирующего субстрата в зоне дистального анастомоза аорты, средний сегмент стента остался расправленным не оптимально, несмотря на повторные раздувания баллона 15 мм под давлением 4-5 атм. В связи с этим, был использован баллон диаметром 16 мм и длиной 40 мм. При контрольной ангиографии отмечается удовлетворительный ангиографический результат с остаточным систолическим градиентом 10 мм рт. ст., по данным инвазивного измерения. Осложнений процедуры не отмечено (**рис. 7, 8**).

Течение заболевания

После имплантации стента в зону рестеноза дистального отдела аорты через неделю выполнена операция наложения двунаправленного кавопульмонального анастомоза и разобщение модифицированного анастомоза по Блелок-Тауссиг в условиях искусственного кровообращения. Операция и ранний послеоперационный период протекали без осложнений. Ребенок находился в отделении кардиохирургии 12 суток, получал дезагрегантную терапию (аспирин по 5 мг/кг в сутки) и антибиотики с целью профилактики инфекционных осложнений.

Клинический статус пациента при выписке удовлетво-

рительный. По ЭХО-КГ систолический градиент давления в зоне имплантации стента 22 мм рт. ст, градиент на кавопульмональном анастомозе 2 мм рт. ст.

Учитывая необходимость повторной баллонной дилатации имплантируемого стента, больной находится на амбулаторном контроле. Планируется повторная госпитализация через 6 месяцев, для выполнения инструментальных методов исследования. В случае нарастания градиента давления, по мере роста ребенка, может быть выполнена дилатация стента баллоном большего диаметра, но уже с использованием стандартного венозного или артериального доступа и в плановом порядке.

Обсуждение

Рестеноз дистального анастомоза аорты у детей первого года жизни с СГЛОС после хирургической коррекции является нередко манифестирующим критическим состоянием, сопровождающимся декомпенсацией кровообращения, и представляющим большие сложности при выборке оптимального способа повторной хирургической коррекции. Нарастающая постнагрузка на левый желудочек становится причиной острой застойной сердечной недостаточности, приводящей к смертельному исходу. Зачастую, у умерших детей в миокарде обнаруживаются очаги ишемии и мелкоочаговых инфарктов, что объясняется наличием относительной коронарной недостаточности [21].

Резекция суженного участка аорты с восстановлением ее проходимости анастомозом является довольно эффективным способом коррекции коарктации аорты. В случаях рекоарктации, риск повторной хирургической реконструкции существенно возрастает, а эффективность операции снижается. Именно это способствовало активному поиску альтернативных эндоваскулярных методов коррекции рекоарктации аорты на протяжении последних десятилетий. Баллонная ангиопластика заняла прочные позиции в лечении пациентов с коарктацией и рекоарктацией аорты. К ее недостаткам относят рестеноз, частота которого особенно велика в период новорожденности, формирование аневризм, сохранение резидуального градиента. У пациентов высокого хирургического риска, который, в числе прочего, обусловлен ранее выполненными операциями, следует рассматривать возможность стентирования рекоарктации аорты [21]. Тем не менее, в рекомендациях Американской ассоциации кардиологов, место стентирования рекоарктации аорты пока не определено [22].

Краеугольной проблемой, когда речь идет о выполнении стентирования коарктации или рекоарктации аорты, является выбор места сосудистого доступа. Если профиль современных баллонных катетеров, а также коронарных и периферических стентов диамет-

ром 4-7 мм, позволяет использовать их у детей, начиная с периода новорожденности, то системы доставки стентов, имеющих потенциал к последующей дилатации баллоном по мере роста ребенка, не могут использоваться для имплантации через бедренную или сонную артерию. Это заставляет искать решение проблемы в использовании открытых хирургических доступов.

В представленном клиническом наблюдении пациент – это ребенок в возрасте 11 месяцев с массой тела 6,590 кг, страдающий СГЛОС и перенесший операцию Норвуда и реконструкции дистального анастомоза аорты в анамнезе, с явлениями декомпенсации кровообращения. Клиническая ситуация требовала повторной операции в условиях циркуляторного ареста, что было связано с крайне высоким риском осложнений и неблагоприятным исходом. Имплантация периферического стента, доставка которого в данном случае могла быть возможной с использованием общей бедренной артерии или общей бедренной вены, не позволяла решить существующую проблему (диаметр аорты 15 мм, крайняя нежелательность открытых реопераций в будущем).

Единственной альтернативой в данном случае, был поиск открытого хирургического доступа к аорте для установки системы доставки диаметром не менее 10 F. Нами было принято решение об использовании забрюшинного доступа к инфраренальному отделу аорты

и имплантации стента с потенциалом к моделированию баллоном до диаметра от 15 до 25 мм. Существенной технической проблемой при использовании подобных стентов является необходимость их кремирования на дилатационный баллон, что создает риск дислокации стента с баллона в системе доставки, с чем мы и столкнулись в процессе выполнения операции. Замена системы доставки на большую (12 F) – решила данную проблему, благодаря выбранному доступу (инфраренальный отдел аорты).

Таким образом, мультидисциплинарный подход к выбору оптимальной хирургической стратегии лечения пациента с применением открытого хирургического доступа и эндоваскулярных технологий, неприменимых при стандартном сосудистом доступе, позволили реализовать нестандартную технологию лечения ребенка с крайне высоким риском открытой реоперации.

Заключение

Предложенный вариант гибридного подхода у ребенка 11 мес. с массой тела 6,590 кг позволил избежать риска повторной хирургии в условиях циркуляторного ареста и продемонстрировал удовлетворительный ангиографический и клинический результат. Предложенная методика гибридного подхода может рассматриваться как вариант выбора в специализированных центрах. ■

Список литературы

1. Sakurai T., Rogers V., Stickley J. et. al. Single-center experience of arch reconstruction in the setting of Norwood operation. *Ann. Thorac. Surg.* 2012; 94:1534-1539.
2. Павличев Г.В., Подоксенов А.Ю., Кривошеков Е.В. и другие. Обструкция дуги аорты после операции Норвуда у детей с синдромом гипоплазии левых отделов сердца. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2014;18(2):13-16.
3. Bartram U., Grynenfelder J., Van Praagh R. Causes of death after the modified Norwood procedure: a study of 122 postmortem cases. *Eur. Vasc. Endovasc. Surg.* 2017; 53(5): 617-625.
4. Vitanova K., Cleuziou J., Pabst von Ohain J. et. al. Recoarctation After Norwood I Procedure for Hypoplastic Left Heart Syndrome: Impact of Patch Material. *Ann. Thorac. Surg.* 2017; 103(2):617-621.
5. Thomas P., Doyle M.D., William E. et al. Aortic obstructions in infants and children. *Progress in Pediatric Cardiology.* 1994;3(1): 37-44.
6. Rothman A., Galindo A., Evans W.N. et. al. Effectiveness and safety of balloon dilation of native aortic coarctation in premature neonates weighing \leq 2,500 grams. *Am. Cardiol.* 2010; 105:1176- 80.
7. Atalay A., Pac A., Avci T. et. al. Histopathological evaluation of aortic coarctation after conventional balloon angioplasty in neonates. *Cardiol. Young.* 2018; 18:1-5.
8. Dijkema E.J., Sieswerda G.T., Takken T. et. al. Long-term results of balloon angioplasty for native coarctation of the aorta in childhood in comparison with surgery. *Eur. Cardiothorac. Surg.* 2018 1; 53(1): 262-268.
9. Fiore A.C., Ficher L.K., Schwartz T. et. al. Comparison of angioplasty and Surgery for Neonatal Aortic Coarctation. *The society of the thoracic surgeons.* 2005; 80:1659-65.
10. Shaddy R., Boucek M., Sturtevant J., et.al. Comparison of angioplasty and surgery for unoperated coarctation of the aorta. *Circulation.* 1993; 87:793-9.
11. Attia I.M., Lababidi Z.A. Transumbilical balloon coarctation angioplasty. *Am. Heart.* 1988; 166:1623-4.
12. Redington A.N., Booth P., Shore D.F., Rigby M.L., Primary balloon dilatation of coarctation of aorta. A multi-institutional study. *Thor. Cardiovasc. Surg.* 1994;108: 841-51.
13. Richard E.R., Gauvreau K., Moses H., et.al. Coarctation of the Aorta Stent Trial (COAST): Study design and rationale. *Am. Heart.* 2012; 164 (1): 7-13.

14. Coulson J.D., Vricella L.A., Алекан Б.Г. Альтернативные артериальные и венозные доступы для катеризации у детей и младенцев. *Эндоваскулярная хирургия*. 2016;4: 24-39.

15. Pursanov M.G., Svobodov A.A., Levchenko E.G. et al. New Approach for Hybrid Stenting of the Aortic Arch in Low Weight Children. *Structural Heart Disease*. 2017; (3)5: 147-151.

16. Dorfer C., Standhardt H., Gruber A., et. al. Direct Percutaneous Puncture Approach versus Surgical Cutdown Technique for Intracranial Neuroendovascular Procedures: Technical Aspects. *World Neurosur*. 2012; 77(1): 192-200.

17. Chakrabati S., Kenny D., Morgan G. et. al. Balloon expandable stent implantation for native and recurrent coarctation of the aorta – prospective computed tomography assessment of stent integrity, aneurysm formation and stenosis relief. *Heart*. 2010; 96 (15): 1212-6.

18. Davenport J.J., Lam L., Whalen-Glass R., et. al. The

successful use of alternative routes of vascular access for performing pediatric interventional cardiac catheterization. *Cathet. Cardiovasc. Interv*. 2008; 72 (3): 392–8.

19. Sivanandam, S., Mackey-Bojack S.M., Moller J.H. Pathology of the aortic arch in hypoplastic left heart syndrome: surgical implications. *PediatrCardiol*. 2011; 32: 189-192.

20. Hammel J.M., Duncan K.F., Danford D.A. et.al. Two-stage biventricular rehabilitation for critical aortic stenosis with severe left ventricular dysfunction. *Eur. Cardiothorac. Surg*. 2012; 1-6.

21. Алекан Б.Г., и соавт. Рентгенэндоваскулярная хирургия. Национальное руководство. М: Литтерра. 2017 ;1: 247-262.

22. Feltes T.F., Bacha E., Beekman R.H. et al. Indications for cardiac catheterization and intervention in pediatric cardiac disease. A scientific statement from the Am. Heart Association. *Circulation*. 2011; 7;123(22): 2607-52.

References

1. Sakurai T., Rogers V., Stickley J. et. al. Single-center experience of arch reconstruction in the setting of Norwood operation. *Ann. Thorac. Surg*. 2012; 94:1534–1539.

2. Pavlichev G.V., Podoksenov A.YU., Krivoshechekov E.V. Obstruction of the aortic artery after Norwood surgery in children with hypoplastic left heart syndrome. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokirurgiya*. 2014;18(2):13-16 [In Russ].

3. Bartram U., Grьnenfelder J., Van Praagh R. Causes of death after the modified Norwood procedure: a study of 122 postmortem cases. *Eur. Vasc. Endovasc. Surg*. 2017; 53(5):617-625.

4. Vitanova K., Cleuziou J., Pabst von Ohain J. et. al. Recoarctation After Norwood I Procedure for Hypoplastic Left Heart Syndrome: Impact of Patch Material. *Ann. Thorac. Surg*. 2017; 103(2):617-621.

5. Thomas P., Doyle M.D., William E. et al. Aortic obstructions in infants and children. *Progress in Pediatric Cardiology*. 1994; 3(1): 37-44.

6. Rothman A., Galindo A., Evans W.N. et. al. Effectiveness and safety of balloon dilation of native aortic coarctation in premature neonates weighing \leq 2,500 grams. *Am. Cardiol*. 2010; 105:1176- 80.

7. Atalay A., Pac A., Avci T. et. al. Histopathological evaluation of aortic coarctation after conventional balloon angioplasty in neonates. *Cardiol. Young*. 2018; 18:1-5.

8. Dijkema E.J., Sieswerda G.T., Takken T. et. al. Long-term results of balloon angioplasty for native coarctation of the aorta in childhood in comparison with surgery. *Eur. Cardiothorac. Surg*. 2018 1; 53(1): 262-268.

9. Fiore A.C., Ficher L.K., Schwartz T. et. al. Comparison of angioplasty and Surgery for Neonatal Aortic Coarctation. The society of the thoracic surgeons. 2005; 80:1659-65.

10. Shaddy R., Boucek M., Sturtevant J., et.al. Comparison of angioplasty and surgery for unoperated coarctation of the aorta. *Circulation*. 1993; 87:793-9.

11. Attia I.M., Lababidi Z.A. Transumbilical balloon coarctation angioplasty. *Am. Heart*. 1988; 166:1623-4.

12. Redington A.N., Booth P., Shore D.F., Rigby M.L., Primary balloon dilatation of coarctation of aorta. A multi-institutional study. *Thor. Cardiovasc. Surg*. 1994;108:841-51.

13. Richard E.R., Gauvreau K., Moses H., et.al. Coarctation of the Aorta Stent Trial (COAST): Study design and rationale. *Am. Heart*. 2012; 164 (1): 7-13.

14. Coulson J.D., Vricella L.A., Alekyan B.G. Alternative arterial and venous access for catheterization in children and infants. *Endovaskulyarnaya hirurgiya*. 2016;4: 24-39 [In Russ].

15. Pursanov M.G., Svobodov A.A., Levchenko E.G. et. al. New Approach for Hybrid Stenting of the Aortic Arch in Low Weight Children. *Structural Heart Disease*. 2017;(3)5:147-151.

16. Dorfer C., Standhardt H., Gruber A., et. al. Direct Percutaneous Puncture Approach versus Surgical Cutdown Technique for Intracranial Neuroendovascular Procedures: Technical Aspects. *World Neurosur*. 2012; 77(1): 192-200.

17. Chakrabati S., Kenny D., Morgan G. et. al. Balloon expandable stent implantation for native and recurrent

coarctation of the aorta – prospective computed tomography assessment of stent integrity, aneurysm formation and stenosis relief. *Heart*. 2010; 96 (15): 1212-6.

18. Davenport J.J., Lam L., Whalen-Glass R., et. al. The successful use of alternative routes of vascular access for performing pediatric interventional cardiac catheterization. *Cathet. Cardiovasc. Interv.* 2008; 72 (3): 392-8.

19. Sivanandam, S., Mackey-Bojack S.M., Moller J.H. Pathology of the aortic arch in hypoplastic left heart syndrome: surgical implications. *PediatrCardiol.* 2011; 32: 189-192.

20. Hammel J.M., Duncan K.F., Danford D.A. et.al. Two-stage biventricular rehabilitation for critical aortic stenosis with severe left ventricular dysfunction. *Eur. Cardiothorac. Surg.* 2012; 1-6.

21. Alekyan B.G. X-ray endovascular surgery. National Guidelines. M: Litterra. 2017; 1: 247-262 [In Russ].

22. Feltes T.F., Bacha E., Beekman R.H. et al. Indications for cardiac catheterization and intervention in pediatric cardiac disease. A scientific statement from the Am. Heart Association. *Circulation.* 2011; 7;123(22): 2607-52.