

© ИЛЬИН А. С., ТЕПЛОВ П. В., САКОВИЧ В. А.

УДК 616.12-089

DOI: 10.20333/2500136-2018-3-24-33

## КОАРКТАЦИЯ АОРТЫ КАК ПАТОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ. НАШИ ВОЗМОЖНОСТИ В ХИРУРГИИ

А. С. Ильин, П. В. Теплов, В. А. Сакович

Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии г. Красноярск, Красноярск 660020, Российская Федерация

**Резюме.** Настоящая статья является обзором литературы по проблеме коарктации аорты. В обзоре представлена историческая справка с указанием основных этапов развития хирургии коарктации аорты от момента первого описания, до освоения хирургического лечения порока. В современном аспекте представлен материал о новом видении гемодинамики порока, представляя порок не как анатомическое сужение аорты, а как заболевание всей сердечно-сосудистой системы с неблагоприятным течением без хирургической коррекции, а так же при запоздалом лечении. Описан постоянно изменяющийся подход хирургов к коррекции этого порока, различные методики, применяемые в настоящее время и их эффективность. Представлен обзор новых направлений в лечении коарктации аорты, применяемые в то время, когда классические методы хирургии не подходят. Таким образом, коарктация аорты все еще остается изучаемым пороком сердечно-сосудистой системы, без единого мнения о подходах в хирургии и сроках операции.

**Ключевые слова:** коарктация аорты, хирургия коарктации аорты, прогноз в лечении коарктации аорты, история хирургии коарктации аорты, КоА, рекоарктация аорты, обзор литературы коарктации аорты.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Для цитирования:** Ильин АС, Теплов ПВ, Сакович ВА. Коарктация аорты как патология сердечно-сосудистой системы. Наши возможности в хирургии. *Сибирское медицинское обозрение*. 2018;(3): 24-33. DOI: 10.20333/2500136-2018-3-24-33

## AORTA COARCTATION AS A PATHOLOGY OF CARDIOVASCULAR SYSTEM. OUR POTENTIAL IN SURGERY

A. S. Ilin, P. V. Teplov, V. A. Sakovich

Federal center of cardiovascular surgery, Krasnoyarsk 660020, Russian Federation

**Abstract.** This article is a review of the literature on the problem of aorta coarctation. The review provides a historical background showing the main stages of aorta coarctation surgery development from the moment of its first description till the development of surgical treatment of the defect. In the framework of modern approach, the authors present the material on a new vision of bleeding hemodynamics, treating the defect not as anatomical narrowing of the aorta, but as a disease of the whole cardiovascular system with unfavourable course without surgical correction, as well as with the delayed treatment. A constantly changing surgery approach to the correction of this defect, various methods currently used in this connection and their effectiveness are described. The article presents the review of new directions in the treatment of aortic coarctation, applied in cases when classical surgery methods are not suitable. Thus, aorta coarctation is still a kind of cardiovascular disease that is under investigation, without any consensus on surgery approaches and operation time.

**Key words:** aortic coarctation, aortic coarctation surgery, prognosis for aortic coarctation treatment, history of aortic coarctation surgery, CoA, aorta recoarctation, aorta coarctation literature review.

**Conflict of interests.** The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

**Citation:** Ilin AS, Teplov PV, Sakovich VA. Aorta coarctation as a pathology of cardiovascular system. Our potential in surgery. *Siberian Medical Review*. 2018;(3): 24-33. DOI: 10.20333/2500136-2018-3-24-33

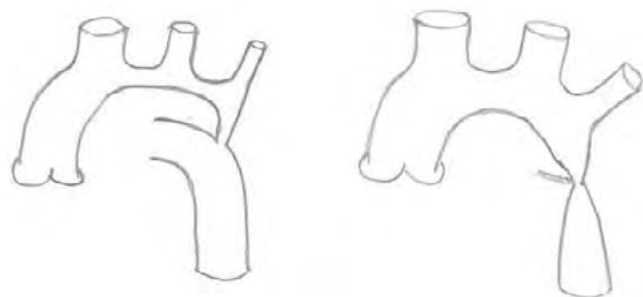
Несмотря на то, что коарктация аорты (КоА) оперируется с 50-х годов XX века, до сих пор нет единственно правильного решения в хирургической тактике и сроках операции. В данном литературном обзоре представлены основные этапы становления хирургии КоА, проблемы и современные достижения в лечении данного порока.

Коарктация аорты – врожденный порок сердечно-сосудистой системы, характеризующийся сужением в области перешейка аорты. Частота встречаемости данного заболевания варьирует в диапазоне

от 2 до 6 больных на 1000 живорожденных, что составляет 4-8 % от всех ВПС и занимает 4 место по частоте встречаемости. В 59 % случаев преобладают мальчики [1].

Первое описание КоА принадлежит Morganini в 1760 г. В 1839 г. Mercier предложил термин «коарктация» от латинского «coarctere», что в переводе значит «суживать». В 1835 г. Legrand впервые поставил прижизненный диагноз. С введением в практику ангиографических методов исследования диагностика КоА стала обычным явлением. Первая успешная хирурги-

ческая коррекция в мире выполнена в 1944 г. Crafoord и Nilyn. В нашей стране первую успешную операцию резекции КоА с наложением анастомоза «конец в конец» выполнил Е. Н. Мешалкин в 1955 г. [1]. В 1903 г. L. Bonnet ввел термины «инфантильный» (рис. 1а) и «взрослый» (рис. 1б) типы коарктации аорты, первым термином определен длинный суженный участок, а вторым – локальный перехват аорты [2].



А. Б.

Рисунок 1. Графическое пояснение к терминам введенным L. Bonnet в 1903.

А. Инфантильный тип; Б. Взрослый тип

Figure 1. Graphical explanation of terms introduced by L. Bonnet in 1903.

A. Infantile type; B. Adult type

Несмотря на схожее название предуктальная (инфантильная) и постдуктальная (взрослая) коарктация аорты, это пороки разные, с точки зрения гемодинамики и патофизиологии [3, 4]. Предуктальная КоА относится к критическим, дуктус-зависимым порокам сердца. Ребенок с рождения испытывает перегрузку правых отделов сердца объемом и давлением, а кровоснабжение нижнего этажа организма зависит от функционирования открытого артериального протока (ОАП). Длительно существующая гемодинамика приводит к быстрому развитию сердечной недостаточности, легочной гипертензии, а гипоксия нижнего этажа организма увеличивает риск развития неспецифического энтероколита у новорожденных и, особенно, у недоношенных детей. Около 70 % таких пациентов не переживают первый месяц жизни без специфического лечения. Пациенты с постдуктальной КоА не зависят от функционирования ОАП, кровоснабжение нижнего этажа зависит от степени развития коллатералей. Эти пациенты испытывают постнагрузку давлением на левый желудочек сердца, они часто страдают артериальной гипертензией. Несмотря на, казалось бы, более «благоприятное» течение порока,

по сравнению с предуктальной КоА, у ряда пациентов уже в периоде новорожденности будет прогрессировать сердечная недостаточность с переходом в дилатационную кардиомиопатию в течение первых месяцев жизни. Срок жизни таких пациентов так же зависит от времени выполненной операции, а без оперативного лечения многие из них не переживают порог в 30 лет [5]. В 1938 г. R. Gross доказал возможность выполнения анастомоза аорты без нарушения функции органов и кровотечения [6]. Данная операция на человеке успешно выполнили в 1944 г. в Швеции Crafoord и Nilyn [7]. В дальнейшем, было разработано еще несколько методик по устранению КоА, так в 1951г. тем же R. Gross описана методика протезирования участка аорты гомографтом [8]. В 1960 Morris и Cooley выполнили эту операцию с использованием синтетического дакронового протеза [9] (рис. 2А), а в 1957 г. Vosschulte предложил методику по устранению сужения аорты с помощью заплаты [10], так называемая истмопластика, при этом суженный участок аорты не иссекался (рис. 2Б). В 1966 г. Waldhausen и Nahrwold выполнили операцию с помощью заплаты из подключичной артерии – не прямой истмопластики [11] (рис. 2В). Дальнейшее развитие хирургической техники, используемых в хирургии материалов, анестезиологического пособия и реанимационного выхаживания больных привело к снижению возраста оперируемых больных с ВПС, в том числе и больных с КоА, что привело к новой проблеме – к проблеме развития рекоарктации аорты и лечению детей с гипоплазией дуги аорты. Так в 1951 г. Kirklin впервые успешно выполнил резекцию суженного участка аорты с анастомозом «конец в конец» 10 недельной девочке [12]. В 1977 г. Amato выполнил «расширенный» анастомоз аорты под левую подключичную артерию, тем самым устранив гипоплазию дистального отдела дуги аорты [13] (рис. 2Г). В 1979 г., с появлением и внедрением в практику эндоваскулярных методик диагностики и лечения заболеваний сердца, альтернативой открытой хирургии стало эндоваскулярное лечение. Sos с командой, показал в эксперименте возможность эндоваскулярного лечения КоА, выполнив баллонную дилатацию суженного участка аорты [14]. Изолированная баллонная ангиопластика, несмотря на хороший непосредственный результат, не давала желаемого отдаленного эффекта, часто приводя к рекоарктации в ближайшее время после операции. Стентирование перешейка аорты у взрослых пациентов показывало вполне сопоставимый результат с открытой хирургией и стало главной альтернативой открытой хирургии. Особое значение эндоваскуляр-

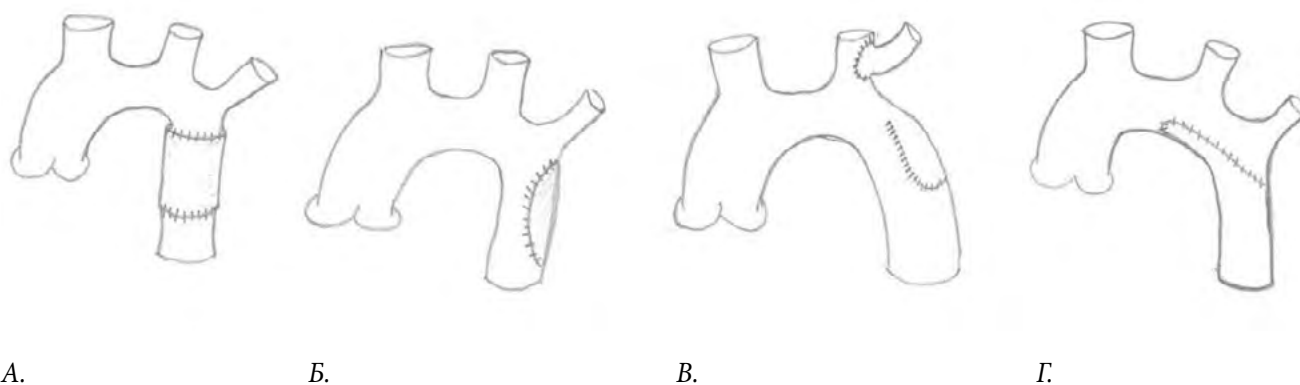


Рисунок 2. Виды хирургической коррекции коарктации аорты (пояснение в тексте).

А. Протезирование перешейка аорты; Б. Непрямая истмопластика; В. Истмопластика; Г. Косой «агрессивный» анастомоз.

Figure 2. Types of surgical correction of aorta coarctation (explanation given in the text).

A. Prosthetics of aortic isthmus; B. Indirect isthmoplasty; C. Isthmoplasty; D. Oblique "aggressive" anastomosis.

ная хирургия получила в лечении рекоарктаций, показывая хороший непосредственный и отдаленный результат баллонной ангиопластики либо стентирования перешейка аорты. Количество выполняемых эндоваскулярных вмешательств, по поводу КоА, стало расти в геометрической прогрессии, показывая хороший результат лечения у взрослых больных [15].

Диагностика КоА является достаточно простой и должна быть выполнена в любом роддоме, сразу после рождения ребенка. Для этого необходимо измерить сатурацию (SpO<sub>2</sub>) и АД на всех конечностях, затем через 3 часа повторить все измерения. Разница в SpO<sub>2</sub> и/или АД между руками и ногами более чем на 5 (% или мм рт.ст.) должна насторожить неонатолога, обеспечить более внимательный контроль за ребенком и максимально быстро провести эхокардиографию (ЭхоКГ) [2, 4]. ЭхоКГ является основным, рутинным, методов в диагностике ВПС в целом, в том числе и КоА, однако имеет ряд ограничений и сильно зависит от опыта исследователя. Так, диагностика гипоплазии дуги аорты может осложняться ОАП «наслаивающимся» на дугу аорты и создавать ложное впечатление о хороших размерах дуги аорты. В последнее время все чаще ссылаются на то, что МСКТ является «золотым стандартом» в диагностике патологии дуги аорты [3, 4]. Это особенно важно для визуализации дуги аорты, так как при гипоплазии дуги аорты хирургическая коррекция в ее типичных вариантах может оказаться не эффективной и не принести желаемого результата. Поэтому все пациенты, у которых заподозрена КоА, будь то градиент на перешейке аорты более 20 мм рт.ст., измененный кровоток на брюшном отделе аорты или дуктус-зависимая гемодинамика, связан-

ная с сужением перешейка аорты, должны быть направлены на МСКТ. Зондирование полостей сердца с контрастированием аорты и тензиометрией в разных ее отделах является хорошим методом диагностики, однако требует анестезиологического пособия и ограничен весом ребенка (точнее размером бедренной артерии для постановки интродьюсера). Одним из осложнений такого метода будет тромбоз артерии, а наиболее грозным осложнением является диссекция бедренной артерии с развитием жизнеугрожающего кровотечения. Поэтому данный метод больше применим к взрослым пациентам со спорными случаями значимости сужения аорты. Для оценки развития дуги аорты, на сегодняшний день, применяются 3 основные методики. Первый метод оценки развития дуги аорты основан процентном соотношении от размера восходящей аорты. Для более простой методики расчета гипоплазии дуги аорты у новорожденных к массе ребенка прибавляется 1 и результат выражаться в мм. В современной методике расчета используются таблицы развития отдельных участков аорты в зависимости от площади поверхности – Z-score, ведущие мировые клиники разработали калькуляторы расчета, по которым вычисляется отклонение от среднего значения в популяции, так отклонение от 0 на 2 в положительную или отрицательную сторону будет свидетельствовать о гипер- либо гипоплазии элемента сердечно-сосудистой системы [4].

Если инфантильный тип КоА, являясь критическим ВПС, оперируется в периоде новорожденности [2], то о сроках лечения взрослого типа КоА длительное время не было точных критериев и сроков оперативного лечения. Так по данным Л. А. Бокерии [2], опе-

ративное лечение лучше проводить в возрасте 3-7 лет, о том же писали в В. В. Плечев и И. И. Семенов [16]. На сегодняшний день, диагноз КоА является показанием к операции в любом возрасте, сразу после установки диагноза, оперативное лечение взрослых пациентов с уже развившей симптоматической артериальной гипертензией не всегда приводит к желаемому результату и пациенты пожизненно остаются на терапии [17-24]. Доказана в эксперименте атрофия сосудов печени и структурно функциональные изменения почек при длительно существующем недокровотоке за счет сужения в аорте. При естественном течении порока средняя продолжительность жизни составляет 31 год [20], а летальность достигает 41-46 % [22]. Такие пациенты подвержены прогрессирующей сердечной недостаточности, инсультам, эндокардитам [18]. Таким образом, в современном хирургическом мире, КоА является абсолютным показанием к операции в любом возрасте.

Одной из главных проблем хирургии КоА остается рекоарктация. По данным разных авторов, рекоарктация развивается в 3-26 % всех случаев [25-29], причем риск развития рекоарктации у детей первого года жизни выше, чем у старших возрастных групп [17-35]. Причинами развития рекоарктации называют несколько факторов – отсутствие роста анастомоза вследствие применения непрерывного сосудистого шва, истинное сужение анастомоза за счет дуктальной ткани, оставленной на операции, рубцевание анастомоза за счет периаортального спаечного процесса, некроз интимы аорты при применении сосудистых зажимов, не устраненная гипоплазия дуги аорты и турбулентный кровоток в области анастомоза [25, 28, 36-38]. Учитывая, что ни одна из причин рекоарктации аорты достоверно не подтверждена, можно говорить о мультифокальных факторах развития рекоарктации. Среди врачей нет единого мнения в методе устранения рекоарктации аорты, так как ни одна из применяемых методик лечения КоА не дает 100 % гарантии отсутствия повторного сужения аорты в будущем.

Наиболее часто применяемый хирургический доступ для устранения КоА – левосторонняя торакотомия по 3 или 4 межреберью. Данный доступ обеспечивает хорошую визуализацию дистальной дуги, перешейка и нисходящей аорты. Позволяет хорошо мобилизовать аорту на этом протяжении, устранить, при необходимости коллатерали. При выборе данного доступа возможно сформировать как простой, так и «агрессивный» (расширенный) анастомоз по дугу аорты, выполнить протезирование аорты, прямую или не прямую истмопластику, так же возможно выполнение реверсивной пластики дуги аорты лоску-

том из левой подключичной артерии [39, 40]. Главным достоинством этого доступа относится то, что оперативное лечение возможно выполнить без применения ИК, а значит и избежать нежелательных осложнений ИК. Основным недостатком доступа является невозможность полноценно расширить дугу аорты, особенно если речь идет о гипоплазии проксимального сегмента дуги, а так же невозможность устранения сопутствующих ВПС. Снизив возраст оперативного лечения КоА до периода новорожденности, а так же необходимость коррекции сопутствующих ВПС многие хирурги начали выполнять коррекцию КоА доступом через срединную стернотомию [41-45]. При выполнении операции из данного доступа сложнее полноценно мобилизовать дистальную часть грудной аорты, что может привести к натяжению анастомоза и развитию рекоарктации, однако данный доступ позволяет лучше выполнить пластику дуги аорты, а применение заплат снизить натяжение анастомоза. При данном варианте хирургического доступа возможно выполнение практически всех выше перечисленных методик, а так же формирование анастомоза «конец в бок» для устранения гипоплазии дуги аорты, дополнение анастомоза заплатой из различных материалов. Возможность полноценного устранения сопутствующих ВПС так же является преимуществом данного метода лечения КоА. Основным недостатком данного метода лечения является применение ИК и все осложнения связанные с ним. Наиболее частым методом коррекции КоА у новорожденных из срединного доступа является расширенный анастомоз под дугу аорты. Данной методики придерживаются большинство клиник [1, 46, 47]. При этом чаще всего формируется протяженный анастомоз, заходя под БЦС, а в некоторых случаях даже конец в бок, когда дистальная часть дуги аорты лигируется, а анастомоз формируется между нисходящей аортой и проксимальной дугой аорты. Проблемы такого метода лечения характерны для всех КоА оперированных способом «конец в конец» - это рекоарктации связанные с натяжением анастомоза, а так же стенозы главных бронхов, которые оказываются зажатыми между аортой и ветвями легочной артерии. Чтобы снизить натяжение анастомоза на аорте применяются методы расширения дуги аорты с помощью различных материалов. Так, дуга аорты расширяется с помощью заплат ксеноперикарда, аутоперикарда или гомографта. Для выполнения данной методики возможно как полное иссечение дуктальной ткани с формированием полуанастомоза, дополняемого заплатой, так и не иссекать дуктальную ткань, ограничиваясь расширением нисходя-

щей, дуги и восходящей аорты заплатой по методике применяемой при операции Norwood (рис. 3) [24, 41]. Применение заплат в хирургии дуги аорты не ново, еще в 1983 г описан результат роста дуги аорты [48], после реконструкции с применением заплат. Однако данная методика не очень популярна у хирургов в России, в связи с отсутствием в достатке заплат из гомографта и боязнью использования заплат из других материалов у новорожденных. Опасения основаны на ряде случаев дегенерации заплат из ксеноперикарда и развития аневризм из заплат аутоперикарда, несмотря на то, что значительного количества публикаций о проблемах связанных с этими заплатами найдено не было.

Довольно новая методика реконструкции дуги аорты описанная в 2011 г. E. Dean McKenzie et al. [49], называется «техника скользящей дуги аорты» (ascending sliding arch aortoplasty). Данная техника основана на расширении дуги аорты за счет «скользящего» анастомоза дуги на восходящую аорту (рис. 4). «Техника скользящей дуги аорты» требует достаточно длинной линии шва и большого натяжения нисходящей аорты, что опасно, в плане, компрессии главного бронха и развития ателектаза легкого (с той стороны, с которой расположена дуга аорты), а большая линия шва требует от хирурга более тщательной техники наложения анастомоза для профилактики кровотечения и деформации анастомоза. Это достаточно новый метод, который только начинает набирать обороты среди хирургов для лечения новорожденных детей с КоА в сочетании с гипоплазией дуги аорты. Сложность методики не позволяет выбирать данную технику рутинно и требует накопления собственного опыта хирурга, прежде чем приступать к ней.

С развитием методов выхаживания недоношенных детей массой от 500 г, хирурги столкнулись с новой проблемой – лечение критических ВПС у недоношенных детей. В данной ситуации даже не дуктус-зависимые состояния (постдуктальная КоА) являлись жизнеугрожающим для незрелого ребенка, а малый вес (не редко менее 2 кг) и из-за этого технически трудность выполнения операции, и незрелость органов и тканей в целом, что осложняет выхаживание таких детей в послеоперационном периоде. В работе Emile A. Vacha et al. [50] рассмотрено 18 недоношенных детей, весом менее 2 кг, оперированных в периоде новорожденности по поводу КоА. Все пациенты оперированы из левосторонней торакотомии с выполнением анастомоза «конец в конец». Два пациента погибли в раннем послеоперационном периоде от сердечной



Рисунок 3. Методика реконструкции дуги аорты по типу операции Norwood.

Figure 3. Methods of aortic arch reconstruction by Norwood operation.

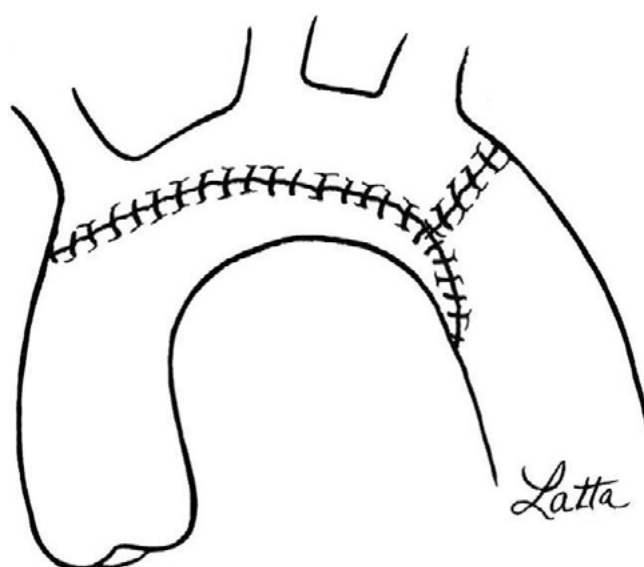


Рисунок 4. Методика реконструкции дуги аорты по типу «скользящего» анастомоза.

Figure 4. Methods of aortic arch reconstruction by “sliding” anastomosis.

недостаточности. Отмечается очень высокий процент рекоарктакций – 44 %, которые были устранены различными способами (открыто или эндоваскулярно). Учитывая высокий процент осложнений после открытой хирургии и не возможность выполнения эндоваскулярных вмешательств, заставляло хирургов искать методику, позволяющую снизить «хирургическую нагрузку» на ребенка, создать условия для его выхаживания и подготовить к хирургической коррекции в более старшем возрасте. Такой методикой лечения КоА у недоношенных детей может стать гибридная хирургия. Данный метод подходит недоношенным пациентам в тех случаях, когда открытая хирургия осложняется техническим выполнением операции (малый вес), обеспечением (применение ИК у пациентов весом менее 2 кг ведет к значительно более выраженному синдрому капиллярной утечки) и тяжелым послеоперационным выхаживанием, при этом, эндоваскулярные вмешательства не возможны из-за не сопоставимого диаметра сосудов и устройств доставки. В литературе данный метод представлен очень скудно, буквально единичными публикациями. Так, в работе Bjorn Cools [51] представлен опыт стентирования КоА у ребенка весом 970 гр. Оперативное лечение выполнялось методом через срединную стернотомию с установкой интродьюсера в восходящую аорту. В последствии стент «додувался», а через 5 месяцев была выполнена операция доступом через левостороннюю торакотомию – стент удален и выполнен анастомоз «конец в конец». Так же есть единичные описания стентирования или баллонной ангиопластики КоА доступом через левую общую сонную артерию. Несмотря на высокий процент рекоарктакций у таких детей, это позволяет им набрать массу и перенести хирургическое вмешательство в классическом исполнении. Гибридная хирургия КоА является хорошим способом лечения у недоношенных детей, когда ни открытая, ни эндоваскулярная хирургия не имеют преимуществ в лечение КоА перед друг другом.

В достаточно большом исследовании R. D. Torok et al. [52] проведено не только сравнение различных методик, но и сформирован порядок действий (guideline) для постановки диагноза и выбора метода лечения. Так, при открытом вмешательстве риск рекоарктации составляет 4-11 %, тогда как при баллонной ангиопластики – 8-32 %. При баллонной ангиопластике рекоарктации аорты, несмотря на хороший непосредственный результат, отдаленный результат не всегда является успешным – риск повторного сужения аорты доходит до 39 % у пациентов, которым ранее выполнялась баллонная ангиопластика, и до 5 % у

пациентов после ранее выполненной хирургической коррекции. При стентировании КоА риск рекоарктации достигал 20 % [52,53]. Таким образом, открытое хирургическое вмешательство КоА, является наиболее оптимальным методом лечения первичной КоА.

В рекомендациях по ведению пациентов с КоА младенцам рекомендуется выполнять открытое хирургическое вмешательство, потому что баллонная ангиопластика ведет к большому количеству рекоарктакций, а так же к развитию аневризм аорты в месте вмешательства, а стентирование аорты будет нуждаться в «додувании» стента по мере роста ребенка. Баллонная ангиопластика КоА может рассматриваться как паллиативное вмешательство с целью стабилизации состояния ребенка и подготовки к выполнению открытым доступом. Что касается старших детей и взрослых, то стентирование аорты является более предпочтительным методом лечения [54-59]. При развитии рекоарктации аорты эндоваскулярное лечение является методом выбора, а выбор между баллонной ангиопластикой или стентированием аорты зависит от возраста пациента.

В клинических рекомендациях по лечению детей с ВПС от 2014 г., опубликованных в России [60], до сих пор открытая хирургия имеет преимущество по сравнению с эндоваскулярной (класс IV) для лечения первичной КоА у детей, при этом разделения по возрастам не ведется. Эндоваскулярная хирургия может рассматриваться как метод выбора лечения рекоарктации (класс IC), либо первичного лечения КоА у взрослых (класс IIC).

Резюмируя обзор литературы, можно сказать, что КоА до сих пор является сложным, в плане хирургической коррекции, пороком сердечно-сосудистой системы. Как и с многими другими ВПС, прошло около 200 лет с момента первого описания порока, до принятия попытки к его устранению. Первые операции обнадежили хирургов успехом в лечении, однако отдаленный анализ показал, что все не так просто и пациенты, оперированные в старшем возрасте, не излечиваются полностью от проблем с артериальной гипертензией, а так же требуют пожизненного приема лекарств и наблюдения врачом. Более того, срок жизни таких пациентов снижен даже после успешной хирургической коррекции. Снизив возраст хирургической коррекции до периода новорожденности, хирурги столкнулись с целым рядом проблем, главными из которых стали – выбор хирургического доступа и рекоарктация. При отсутствии гипоплазии дуги аорты использование в качестве доступа левосторонней торакотомии кажется

более логичным, так как не применяется ИК, однако не все хирурги согласны с тем, что из бокового доступа возможно сформировать достаточно широкий анастомоз и избежать рекоарктации. Современные методики, направленные на снижение натяжения анастомоза (с помощью заплат), позволяют добиться лучшего результата, однако требуют тщательного подбора материала и более детального анализа отдаленных результатов. Гибридная хирургия в лечение КоА у недоношенных детей, возможно, явится той самой альтернативной открытой хирургии и позволит выхаживать таких детей и подготавливать их к открытой хирургии, однако и данный метод является новым и до конца не изученным.

### Литература / References

1. Ильинов ВН, Кривошеков ЕВ, Шипулин ВМ. Хирургическое лечение коарктации аорты в сочетании с гипоплазией дуги. *Сибирский медицинский журнал (Томск)*. 2014;29(3):80-86. [Ilin VN, Krivoschekov EV, Shipulin VM. Surgical treatment coarctation of the aorta with hypoplastic aortic arch. *Siberian Medical Journal (Tomsk)*. 2014;29(3):80-86. (in Russian)]
2. Бокерия ЛА, Беришвили ИИ. В кн.: Хирургическая анатомия сердца. Т. 2. М.: Москва; 2006: 44-49. [Bokeriya LA, Berishvili II. In. *Surgical Anatomy of Heart*. V.2. Moscow: Moscow; 2006: 44-49. (in Russian)]
3. Бураковский ВИ, Бокерия ЛА. В кн.: Сердечно-сосудистая хирургия: руководство. М.: Медицина; 1996: 298-311. [Burakovskiy VI, Bokeriya LA. In. *Cardiovascular Surgery: guidelines*. Moscow: Medicine; 1996: 298-311. (in Russian)]
4. Шарыкин АС. В кн.: *Врожденные пороки сердца. Руководство для педиатров, кардиологов, неонатологов*. М.: Теремок; 2005:384с. [Sharikin AS. In book: *Congenital Heart Diseases. Guideline for Pediatricians, Cardiologists, Neonatologists*. Moscow: Teremok; 2005: 384 p. (in Russian)]
5. Allen HD, Driscoll DJ, Shaddy RE, Feltes TF. In. *Moss & Adams' Heart Disease in Infants, Children, and Adolescents: Including the Fetus and Young Adult*. V.2. Lippincott Williams & Wilkins; 2013: 799-809. DOI: 1111/j.1747-0803.2008.00248.x
6. Gross RE, Hufnagel CA. Coarctation of the aorta. Experimental studies regarding its surgical correction. *New England Journal of Medicine*. 1945;(233):287-293. DOI: 10.1056/nejm194509062331001
7. Crafoord C, Nylin G. Congenital coarctation of the aorta and its surgical treatment. *The Journal of Thoracic Surgery*. 1945;(14):347-361. DOI: 10.1016/0002-8703(46)90334-1
8. Gross RE. Treatment of certain aortic coarctation by homologous grafts; report of 19 cases. *Annals of Surgery*. 1951;(134):753-768. DOI: 10.1097/0000658-195110000-00020
9. Morris JrGC, Cooley DA, De Bakey ME, Crawford ES. Coarctation of the aorta with particular emphasis upon improved techniques of surgical repair. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1960;(40):705.
10. Vosschulte K. Surgical correction of coarctation of the aorta by an "isthmusplastic" operation. *Thorax*. 1961;16(4):338-345. DOI: 10.1136/thx.16.4.338
11. Waldhausen JA, Nahrwold DL. Repair of coarctation of the aorta with a subclavian flap. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1966;(51):532-533.
12. Kirklin JW, Burchell HB, Pugh DG, Burke EC, Mills SD. Surgical treatment of coarctation of the aorta in a ten week old infant: report of a case. *Circulation*. 1952;6(3):411-414. DOI: 10.1161/01.cir.6.3.411
13. Amato JJ, Rheinlander HF, Cleveland CJ. A method of enlarging the distal transverse arch in infant with hypoplasia and coarctation of the aorta. *The Annals of the Thoracic Surgery*. 1977;(23):261-263. DOI: 10.1016/s0003-4975(10)64121-5
14. Sos T, Sniderman KW, Rettek-Sos B. Percutaneous transluminal dilatation of coarctation of thoracic aorta post mortem. *Lancet*. 1979;(2):970-971. DOI: 10.1016/s0140-6736(79)92675-8
15. Holzer R, Qureshi S, Ghasemi A, Vincent J, Sievert H, Gruenstein D, Weber H, Alday L, Peirone A, Zellers T, Cheatham J, Slack M, Rome J. Stenting of aortic coarctation: acute, intermediate, and long-term result of a prospective multi-institutional registry – congenital cardiovascular intervention study consortium. *Catheterization and Cardiovascular Intervention*. 2010;(76):553-563. DOI: 10.1002/ccd.22587
16. Плечнев ВВ, Семенов ИИ. В кн.: Коарктация аорты. М.: Уфа-Новосибирск. 2005:124-128. [Plechnev VV, Semenov II. In. *Coarctation of the aorta*. Moscow: Ufa-Novosibirsk. 2005: 124-128. (in Russian)]
17. Андриевский АН. В кн.: Хирургическое лечение коарктации аорты у детей первого года жизни. СПб.: Медицинское издательство; 2010.25 с. [Andrievskii AN. In. *Surgical Treatment Coarctation of the Aorta in infants*. Spb.: Medical publishing; 2010: 25p. (in Russian)]
18. Калашникова ЕА, Никитина НА, Галич СР. Диагностика, клиника, лечение и прогноз при коарктации аорты у детей. *Здоровье ребенка*. 2015;(1):129-132. [Kalashnikova EA, Nikitina NA, Galich SR. Diagnosis, clinic, treatment and prognosis of coarctation of the aorta in children. *Zdorov'e Rebenka*. 2015;(1):129-132 (in Russian)]
19. Прохорова ДС, Нарцисова ГП, Горбатов ЮН. Динамика восстановления показателей систолической и диастолической функции левого желудочка у

детей раннего возраста с коарктацией аорты и сниженной фракцией выброса левого желудочка. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2010;(4):15-19. [Prohorova DS, Nartsisova GP, Gorbatyh YuN. Dynamics of indicators' recovery of systolic and diastolic function of the left ventricle in the early age children with coarctation of the aorta and low ejection fraction of the left ventricle. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2010;(4):15-19. (in Russian)]

20. Ремезова ТС. Отдаленные результаты хирургического лечения коарктации аорты у детей грудного возраста. *Детские болезни сердца и сосудов*. 2011;(1):31-36. [Remezova TS. Long-term results of surgical treatment of coarctation of the aorta in infants. *Heart and Vessels Diseases in Children*. 2011;(1):31-36. (in Russian)]

21. Тодуа ФИ, Багатурия ДШ, Табидзе ГА. Ультразвуковая оценка гемодинамических показателей у больных с коарктацией аорты в ближайшие и отдаленные послеоперационные периоды. *Кардиология*. 2007;(3):62. [Todua FI, Bagaturiya DSh, Tabidze GA. Ultrasound assessment of hemodynamic parameters in patients with coarctation of the aorta in immediate and remote postoperative periods. *Kardiologiia*. 2007;(3):62. (in Russian)]

22. Bouchart F, Dubar A, Tabley A, Litzler PY, Haas-Hubscher C, Redonnet M, Soyer R. Coarctation of the aorta in adult: surgical results and long-term follow-up. *The Annals of the Thoracic Surgery*. 2000;70(5):1483-1488. DOI: 10.1016/s0003-4975(00)01999-8

23. Бокерия ЛА, Туманян МР, Бутрим ЕВ, Абрамян МА, Андерсон АГ. Тактика дооперационного ведения новорожденных с критической коарктацией аорты. *Материалы десятого всероссийского съезда сердечно-сосудистых хирургов*. 2004; 5(11):300. [Bokeriya LA, Tumanyan MR, Butrim EV, Abramyan MA, Anderson AG. Tactics of preoperative management of newborns with critical coarctation of the aorta. *Materials of X Russian Congress of Cardiovascular Surgery*. 2004;5(11):300. (in Russian)]

24. Бокерия ЛА, Туманян МР, Бутрим ЕВ, Абрамян МА, Андерсон АГ. Перерыв дуги аорты у новорожденных. *Материалы всероссийской конференции «Критические пороки сердца периода новорожденности»*; 2005:39. [Bokeriya LA, Tumanyan MR, Butrim EV, Abramyan MA, Anderson AG. Interrupted aortic arch in newborns. *Materials of Russian Congress «Critical Heart Disease in neonatal period»*; 2005:39. (in Russian)]

25. Das BB, Raj S, Shoemaker L. Exercise testing is useful to screen for residual coarctation in children. *Pediatric Cardiology*. 2009; 30(6):763-767. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00246-009-9415-4>

26. Dehaki MG, Ghavidel AA, Givtaj N, Omran G, Salehi S. Recurrence rate of different techniques for repair of coarctation of aorta: A 10 years experience. *Annals of Pediatric Cardiology*. 2010; 3(2):123-126.

27. Guenthard J, Zumsteg U, Wyler F. Arm-leg pressure gradients on late follow-up after coarctation repair. *European Heart Journal*. 1996;17(10):1572-1575.

28. Peres A, Martins JD, Paramés F, Gil R, Matias C, Franco JO, Pinto MF. Coarctação Isolada da Aorta: Experiência em 100 Doentes Consecutivos. *Revista Portuguesa de Cardiologia*. 2010;(7):23-35.

29. Ильинов ВН, Кривошеков ЕВ, Шипулин ВМ. Хирургическое лечение коарктации аорты в сочетании с гипоплазией дуги. *Сибирский медицинский журнал (Томск)*. 2014; 29(3):80-86. [Ilinov VN, Krivoshekov EV, Shipulin VM. Surgical treatment of coarctation of the aorta with hypoplasia of the aortic arch. *Siberian Medical Journal (Tomsk)*. 2014; 39(3):80-86. (in Russian)]

30. Любомудров ВГ, Лазарев СМ, Андриевский АН, Кунгурцев ВЛ, Болсуновский ВВ, Цытко АЛ. Хирургическая коррекция изолированной коарктации аорты у детей первого года жизни. *Вестник хирургии им. И. И. Грекова*. 2009;168(4):61-63. [Lyubomudrov VG, Lasarev SM, Andrievskij AN, Kungurtsev VL, Bolsunovskij VV, Tsytko AL. Surgical correction of coarctation of the aorta in infants. *Vestnik Khirurgii imeni I.I. Grekova*. 2009;168(4):61-63. (in Russian)]

31. Lorier G, Wender O, Kalil RA, Gonzalez J, Hoppen G, Barcellos C, Homsy-Neto A, Prates PR, Sant'Anna JRM, Nesrallah IA. Coarctation of the aorta in infants under one year of age: an analysis of 20 years of experience. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2005;85(1):51-56. DOI: 10.1590/s0066-782x2005001400010

32. Shrivastava CP, Monro JL, Shore DF, Lamb RK, Sutherland GR, Fong LV, Keeton BR. The early and long-term results of surgery for coarctation of the aorta in the 1st year of life. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 1991;(5):61-66. DOI: 10.1016/1010-7940(91)90002-2

33. Абрамян МА, Туманян МР, Андерсон АГ, Есаян АА, Харькин АВ. Экстренное хирургическое лечение пациентов с критической коарктацией аорты. *Серцево-судинна хірургія*. 2004;12:4-5. [Abramyan MA, Tumanyan MR, Anderson AG, Esayan AA, Harkin AV. Emergency surgical treatment with critical coarctation of the aorta. *Cardio-Vascular Surgery*. 2004;(12):4-5 (In Russian)]

34. Аракелян ВС, Дадаев АЯ. Отдалённые результаты хирургического лечения изолированной коарктации аорты. *Бюллетень НЦССХ им.А.Н. Бакулева РАМН «Сердечно-сосудистые заболевания»*. 2004;5(5):149. [Arakelyan VS, Dadaev AY. Long-term results of surgical treatment of coarctation of the



aorta. *Bulletin of Bakoulev CCVS for Cardiovascular Surgery Cardiovascular diseases*. 2004;5(5):149. (in Russian)]

35. Вербовская НВ. В кн.: Клинико-ультразвуковая диагностика и оценка эффективности лечения больных с коарктацией аорты. СПб.: Красноярск;2009. 24 с. [Verbovskaya NV. In : Clinic Ultrasound Diagnostic and Efficiency Mark Treatment Coarctation of the Aorta. Saint-Petersburg: Krasnoyarsk; 2009. 24p. (in Russian)]

36. Hager A, Schreiber C, Nützl S, Hess J. Mortality and restenosis rate of surgical coarctation repair in infancy: a study of 191 patients. *Cardiology*. 2008;112(1):36-41. DOI: 10.1159/000137697

37. Uchtyl B, Aern J, Niaoovsk J, Merova M. Surgery for coarctation of the aorta: long-term post-operativ results. *Scripta Medica (Brno)*. 2003;76(6):347-356.

38. Синельников ЮС, Горбатов ЮН, Горбатов АВ, Иванцов СМ, Стрельникова МС, Чащин ОВ, Литасова ЕЕ. Хирургическое лечение коарктации с гипоплазией дистального отдела дуги аорты у новорожденных. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2011;(3):9-12. [Sinel'nikov YuS, Gorbatyh YuN, Gorbatyh AV, Ivantsov SM, Strel'nikova MS, Chaschin OV, Litasova EE. Surgical treatment of coarctation of the aorta with hypoplasia of distal aortic arch in newborns. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2011;(3):9-12. (in Russian)]

39. Синельников ЮС, Кшановская МС, Горбатов АВ, Иванцов СМ, Прохорова ДС. Гипоплазия дуги аорты. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2013;(3):68-72. [Sinel'nikov YuS, Kshanovskaya MS, Gorbatyh AV, Inantsov SM, Prohorova DS. Hypoplasia of the aortic arch. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2013;(3):68-72. (in Russian)]

40. Синельников ЮС, Корнилов ИА, Соинов ИА, Матюшов ВН, Кшановская МС, Иванцов СМ, Горбатов ЮН. Защита головного мозга при реконструкции дуги аорты у новорожденных. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2013;(3):4-7. [Sinel'nikov US, Kornilov IA, Soinov IA, Matyushov VN, Kshanovskaya MS, Ivantsov SM, Gorbatyh YuN. Brain protection in aortic arch reconstruction in infants. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2013;(3):4-7. (In Russian)]

41. Jonas R. In.: Comprehensive surgical management of congenital heart disease. 2<sup>nd</sup> CRC Press.2013:282-311.

42. Elgamal MA, McKenzie ED, Fraser CD. Aortic arch advancement: the optimal one-stage approach for surgical management of neonatal coarctation with arch hypoplasia. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2002;73(4):1267-1273. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(01\)03622-0](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(01)03622-0)

43. Ly M, Roubertie F, Belli E, Grollmuss O, Bui M, Roussin R, Serraf A. Continuous cerebral perfusion for aortic arch repair: hypothermia versus normothermia.

*The Annals of Thoracic Surgery*. 2011;(92):942-948. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2011.03.006

44. Mishra PK Management strategies for interrupted aortic arch with associated anomalies. *European Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2009;(35):569-576. DOI: 10.1016/j.ejcts.2008.12.044

45. Ильинов ВН, Кривошеков ЕВ, Гинько ВЕ, Киселев ВО, Николишин АН, Горохов АС, Шипулин ВМ. Оценка безопасности селективной церебральной перфузии у детей при реконструкции дуги аорты. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2015;(19):14-18 [I'inov VN, Krivoschekov EV, Gin'ko VE, Kiselev VO, Nikolishin AN, Gorohov AS, Shipulin VM. Evaluation of the safety of selective cerebral perfusion in children in aortic arch reconstruction. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2015;(19):14-18. (in Russian)]

46. Ким АИ, Метлин СН, Ермилова НА. Результаты одномоментной коррекции коарктации аорты и интракардиальной патологии у детей первого года жизни. *Вестник Российской академии медицинских наук*.2014;5(6):47-51. [Kim AI, Metlin SN, Ermilov NA. Outcomes after one-stage repair of coarctation of the aorta and combined intracardiac lesions in infants. *Annals of the Russian academy of medical sciences*. 2014;5(5)47-51. (in Russian)]

47. Sade RM, Crawford FA, Hohn AR, Riopel DA, Taylor AB. Growth of the aorta after prosthetic patch aortoplasty for coarctation in infants. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1984;38(1):21-25. DOI: [http://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)62179-0](http://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)62179-0)

48. McKenzie ED, Klysik M, Morales DLS, Heinle JS, Fraser CD, Kovalchin J. Ascending sliding arch aortoplasty: a novel technique for repair of arch hypoplasia. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2011;91(3):805-810. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2010.10.038>

49. Bacha EA, Almodovar M, Wessel DL, Zurakowski D, Mayer JE, Jonas RA, del Nido PJ. Surgery for coarctation of the aorta in infants weighing less than 2 kg. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2001;71(4):1260-1264. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(00\)02664-3](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(00)02664-3)

50. Cools B, Meyns B, Gewiling M. Hybrid stenting of aortic coarctation in very low birth weight premature infant. *Catheterization and Cardiovascular Intervention*. 2013;81(4):195-198.

51. Torok RD, Campbell MJ, Fleming GA, Hill KD. Coarctation of the aorta: Management from infancy to adulthood. *World Journal of Cardiology*. 2015;7(11):765-775. DOI: 10.4330/wjc.v7.i11.765

52. Chessa M, Carrozza M, Butera G, Piazza L, Negura DG, Bussadori C, Carminati M. Result and mid-long-term follow-up of stent implantation for native and

recurrent coarctation of the aorta. *European Heart Journal*. 2005;(26):2728-2732. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi491

53. Chakrabarti S, Kenny D, Morgan G. Balloon expandable stent implantation for native and recurrent coarctation of the aorta – prospective computed tomography assessment of stent integrity, aneurism formation and stenosis relief. *Cardiology*. 2010;(2):131-132.

54. Brown ML, Burkhart HM, Connolly HM, Dearani JA, Hagler DJ, Schaff HV. Late outcome of reintervention on the descending aorta after repair of aortic coarctation. *Circulation*. 2010;122(11):81-84.

55. Гасников АВ, Фокин АА, Владимировский ВВ. Новые критерии прогнозирования отдаленных результатов баллонной ангиопластики коарктации аорты. *Современные технологии в медицине*. 2013;5(2):65-71. [Gansnikov AV, Fokin AA, Vladimirovskiy VV. New predictors of long-term results of balloon angioplasty in aortic coarctation. *Modern Technologies in Medicine*. 2013;5(2):65-71. (in Russian)]

56. Thanopoulos BD, Giannakoulas G, Giannopoulos A, Galdo F, Tsaoussis GS. Initial and six-year of stent implantation for aortic coarctation in children. *The American Journal of Cardiology*. 2012;(109):1499-1503. DOI: 10.1016/j.amjcard.2012.01.365

57. Suarez de Lezo J, Pan M, Romero M, Segura J, Pavlovic D. Percutaneous interventions on severe coarctation of the aorta: a 21-year experience. *Pediatric Cardiology*. 2005;(26):2728-2732. DOI: 10.1007/s00246-004-0961-5

58. Thanopoulos BV, Eleftherakis N, Tzanos K, Skoularigis I, Triposkiadis F. Stent implantation for adult aortic coarctation. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52(22):1815-1816. DOI: 10.1016/j.jacc.2008.03.068

59. Бокерия ЛА. В кн.: Клинические рекомендации по ведению детей с врожденными пороками сердца. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева; 2014:98-105. Clinical Guidelines for children with congenital heart disease. Moscow: NCSH A.N. Bakulev; 2014:98-105. (in Russian)]

#### Сведения об авторах

Илин Алексей Сергеевич, к.м.н., заведующий отделением врожденных пороков сердца, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии г. Красноярск; адрес: Российская Федерация, 660020, г. Красноярск, ул. Караульная, д. 45; e-mail: IlinAS@krascor.ru  
Теплов Павел Викторович, и.о. заведующего отделением детской кардиохирургии. Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии г. Красноярск; адрес: Российская Федерация, 660020, г. Красноярск, ул. Караульная, д. 45; e-mail: Teplovpv@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-8798-4975>

Сакович Валерий Анатольевич, главный врач, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии г. Красноярск; адрес: Российская Федерация, 660020, г. Красноярск, ул. Караульная, д. 45; e-mail: SakovichVA@krascor.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1779-325X>

#### Author information

Alexey S. Ilin, Cand.Med.Sci., chief of department of the congenital heart disease, Federal center of cardiovascular surgery; Address: 45, Karaulnaya Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660020; e-mail: IlinAS@krascor.ru

Pavel V. Teplov, chief of pediatric department of cardiac surgery, Federal center of cardiovascular surgery; Address: 45, Karaulnaya Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660020; e-mail: Teplovpv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8798-4975>

Valeriy A. Sakovich, head physician, Federal center of cardio-vascular surgery; Address: 45, Karaulnaya Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660020; e-mail: SakovichVA@krascor.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1779-325X>

Поступила 25.04.2017 г.  
Принята к печати 05.04.2018 г.

Received 25 April 2017  
Accepted 05 April 2018