

Коррекция коарктации аорты из бокового доступа у новорожденных и грудных детей

© М.М. Беляева, В.Н. Ильин, О.Ю. Корноухов, Ю.Ю. Корноухов, О.И. Калинина

ГБУЗ «Детская городская клиническая больница № 13 имени Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 20 июня 2018 г. Исправлена 5 сентября 2018 г. Принята к печати 12 сентября 2018 г.

Для корреспонденции: Олег Юрьевич Корноухов, okgreat@mail.ru

Цель

Ввиду роста интереса клиницистов к коррекции коарктации аорты из срединной стернотомии с использованием искусственного кровообращения у новорожденных и грудных детей мы ретроспективно проанализировали собственный опыт резекции коррекции коарктации с расширенным анастомозом «конец-в-конец» из бокового доступа с акцентом на частоте реинтервенций и динамике роста поперечной дуги аорты в отдаленном периоде наблюдения.

Методы

В исследование включены 124 пациента в возрасте до 3 мес., перенесшие коррекцию коарктации аорты (с 2008 по 2016 гг.). У 43 (35%) пациентов коррекция коарктации сочеталась с дефектом межжелудочковой перегородки. 49 (39,5%) пациентов имели гипоплазию поперечной дуги аорты (Z-score менее -2). Все операции выполнены с использованием расширенного анастомоза «конец-в-конец» доступом из боковой торакотомии. У пациентов с дефектом межжелудочковой перегородки суживание легочной артерии принято одномоментно. Длительность послеоперационного наблюдения составила 3,6 (0,3–8,0) года.

Результаты

Госпитальная летальность составила 1,6%. Выживаемость на протяжении отдаленного периода наблюдения — 93,5%. Рекоарктация аорты диагностирована у 10 (8%) пациентов в среднем через 6,5 (3,5–15,0) мес. после операции. Баллонная ангиопластика зоны сужения была эффективна во всех наблюдениях и не имела осложнений. Мы наблюдали статистически значимый ($p < 0,001$) рост поперечной дуги аорты в группе пациентов с исходной гипоплазией дуги.

Заключение

Резекция коррекции коарктации с расширенным анастомозом «конец-в-конец» из бокового доступа сопровождается низкой операционной летальностью, отличной выживаемостью и низкой частотой реинтервенций. В когорте пациентов с исходной умеренной гипоплазией дуги аорты в отдаленном периоде наблюдения отмечается рост дуги до нормальных значений. Эндovasкулярная баллонная дилатация зоны повторного сужения аорты в отдаленном послеоперационном периоде является высокоэффективной и безопасной процедурой.

Ключевые слова

врожденный порок сердца; гипоплазия поперечной дуги аорты; коарктация аорты; расширенный анастомоз «конец-в-конец»

Цитировать: Беляева М.М., Ильин В.Н., Корноухов О.Ю., Корноухов Ю.Ю., Калинина О.И. Коррекция коарктации аорты из бокового доступа у новорожденных и грудных детей. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2018;22(4):12-21. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2018-4-12-20>

Введение

Хирургическая техника резекции коарктации аорты (КА) значительно изменилась за 70 лет с момента первого описания этой операции в 1945 г. [1, 2]. Первоначально она заключалась лишь в устранении суженного участка аорты. В связи с развитием неонатальной кардиохирургии появилась необходимость расширить возможности этой техники для устранения всего комплекса проблем с дугой аорты у новорожденных и младенцев, в частности при гипоплазии дуги аорты.

Первых ощутимых успехов на этом пути добились коллективы, предложившие метод резекции КА с рас-

ширенным анастомозом «конец-в-конец» [3–5]. Этот метод в течение 30 лет получил широкое распространение в мире благодаря эффективности и безопасности [3–8].

Несколько позже появились попытки решать проблему патологии дуги аорты у младенцев и другими хирургическими методами, в частности с применением искусственного кровообращения [9, 10].

Целью исследования является анализ собственного опыта применения хирургической методики резекции КА с расширенным анастомозом «конец-в-конец» из левосторонней торакотомии.



Методы

Ретроспективному анализу подвергнуты данные историй болезни всех пациентов с КА, оперированных в отделении кардиохирургии и интенсивной терапии ГБУЗ «ДГКБ № 13 им. Н.Ф. Филатова ДЗМ» в период с 14 июля 2008 г. по 31 декабря 2016 г.

В течение этого периода с применением метода резекции КА с расширенным анастомозом «конец-в-конец» доступом из левой заднебоковой торакотомии провели операцию 231 пациенту. Из них 124 человека, составившие настоящую группу наблюдения, были в возрасте не более 3 мес. Характеристика пациентов и особенности анатомии, которые мы оценивали, представлены ниже.

Характеристика пациентов на момент операции	
Медиана возраста, дней	24 (2–90)
Медиана веса тела, кг	3,2 (0,9–5,7)
Новорожденные, не более 28 дней, n (%)	85 (69)
Недоношенные, n (%)	16 (13)
Мальчики, n (%)	70 (56)
Синдромальная форма врожденного порока сердца, n (%)	20 (16)
Терапия препаратами ПГЕ1 до операции, n (%)	48 (38)
Перенесенный кардиогенный шок до поступления в отделение, n (%)	3 (2,5)
Анатомический диагноз	
Изолированная коарктация аорты, n (%)	81 (65)
Коарктация аорты + дефект межжелудочковой перегородки (всего), n (%):	43 (34,6)
одиночный дефект межжелудочковой перегородки, n (%)	30 (24)
множественные дефекты межжелудочковой перегородки, n (%)	10 (8)
двухоточный правый желудочек + субаортальный дефект межжелудочковой перегородки, n (%)	3 (2,4)
Гипоплазия поперечной дуги аорты (всего), n (%):	48 (39)
Гипоплазия проксимального и дистального отдела, n (%):	18 (38)
среднее значение Z-score	–3,97±0,86
минимум	–4,8
максимум	–2,2
Гипоплазия только дистального отдела, n (%):	30 (62)
медиана Z-score	–3,37±1,26
минимум	–7,1
максимум	–2,1

В исследование включены пациенты с изолированной коарктацией аорты и коарктацией в сочетании с дефектами межжелудочковой перегородки или двухоточным правым желудочком с подаортальным дефектом межжелудочковой перегородки. Пациенты, у которых КА сочеталась с транспозицией магистральных артерий, аномалией Тауссиг – Бинга и унивентрикулярной гемодинамикой, исключены из анализа. Двадцать пациентов имели синдромальную форму врожденного порока сердца, данные которых представлены ниже.

Синдром	Наблюдения, n (%)
Синдром Нунан	4 (3,2)
Синдром Тернера	3 (2,4)
Синдром Дауна	3 (2,4)
Синдром делеции 22q11.2	2 (1,6)
Синдром Коффина – Сириса	1 (0,8)
Гетеротаксия	1 (0,8)
Трисомия 18 (синдром Эдвардса)	1 (0,8)
Синдром Холта – Орама	1 (0,8)
Мозаичная трисомия 8	1 (0,8)
Отсутствует молекулярная верификация	3 (2,4)

Основным диагностическим методом была трансторакальная эхокардиография. Абсолютные числовые значения, полученные при эхокардиографических измерениях, проанализированы с помощью Z-score калькулятора Boston Children's Hospital (<http://zscore.chboston.org>). В качестве критерия гипоплазии дуги аорты и ее отделов применен показатель Z-score, меньший чем –2 [28]. Таких наблюдений было 39%.

Хирургическая техника

Во всех наблюдениях резекцию КА с расширенным анастомозом «конец-в-конец» выполняли доступом из левой заднебоковой торакотомии при температуре тела пациента 35 °С. Сосудистый зажим на дугу аорты накладывали таким образом, чтобы не нарушить кровоток по брахиоцефальному стволу и поддержать нормальный уровень систолического артериального давления. Разрез на внутренней поверхности дуги аорты выполняли вплоть до точки проекции устья левой общей сонной артерии. Анастомоз дуги и нисходящей аорты выполняли обвивным полипропиленовым швом нитью 7/0 в течение 19 (15–33) мин. При сочетании коарктации с крупным дефектом межжелудочковой перегородки в ходе той же операции выполняли процедуру суживания легочной артерии лавсановой тесьмой по формуле Торонто-1. Таких наблюдений было 43 (35%).

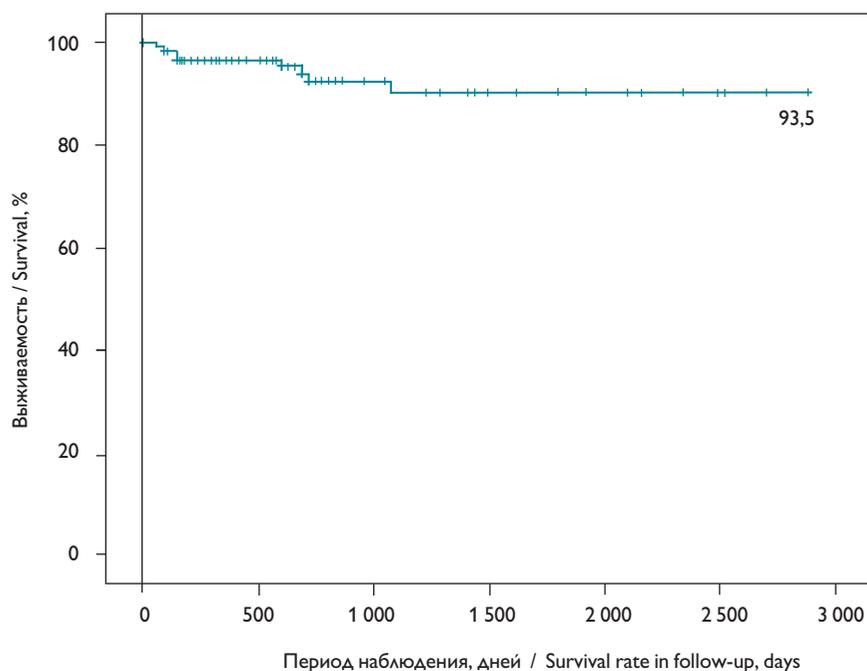


Рис. 1. Кривая выживаемости в отдаленном периоде наблюдения
Fig. 1. Survival curve in long-term follow-up

Послеоперационное наблюдение

Данные обследования пациентов в послеоперационном периоде были получены путем проспективного обследования или в результате анализа базы данных катamnестического наблюдения пациентов в отделении. Рутинное обследование включало физикальный осмотр, взвешивание, измерение роста, регистрацию артериального давления на правых руке и ноге методом Короткова и трансторакальную эхокардиографию.

Доступны для анализа были протоколы трансторакальной эхокардиографии 118 (95,2%) выписанных из стационара пациентов. Четверо детей (3,2%) не являлись гражданами Российской Федерации, и после хирургического лечения связь с ними утрачена. Вместе с тем проанализированы все истории болезни детей с рекоарктацией аорты, по поводу которой им выполнялась транслюминальная баллонная ангиопластика, а также истории болезни детей с сопутствующими дефектами межжелудочковой перегородки, которым выполнялась радикальная коррекция порока.

Медиана послеоперационного наблюдения составила 3,6 (0,3–8,0) года.

Статистический анализ

Для сортировки вариационных рядов по признаку соответствия нормальному распределению мы использовали одновыборочный критерий Колмогорова – Смирнова.

Данные, имеющие нормальное распределение, представлены в виде средних значений \pm SD; не имеющие нормального распределения — в виде медианы вариационного ряда с указанием минимального и максимального значений. Сравнение средних значений выполнено с помощью t-критерия с проверкой гипотезы равенства дисперсий анализируемых выборок с применением критерия Ливиня. Анализ выживаемости и свободы от повторных операций проведен с помощью метода Каплана – Майера. Статистически значимым принято $p < 0,05$. Данные обработаны с использованием программы SPSS Statistics 21.0 (IBM Corp., 2012).

Этические аспекты исследования соответствуют принципам Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

Результаты

Непосредственные результаты

Госпитальная летальность в группе наблюдения составила 1,6% ($n = 2$). Один из пациентов, недоношенный ребенок весом 1,54 кг, с сочетанием КА, множественных дефектов межжелудочковой перегородки и умеренной гипоплазии левого желудочка с выраженной дисфункцией, оперированный по витальным показаниям, погиб на 2-е сут. после вмешательства от острой сердечной недостаточности в связи с развитием тяжелых нарушений рит-

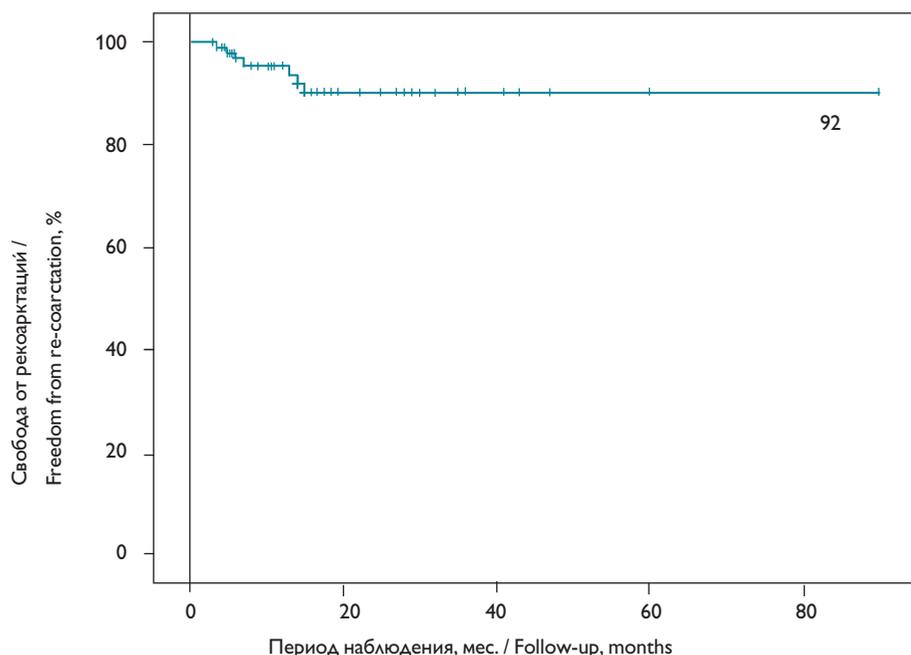


Рис. 2. Кривая свободы от реинтервенций в отдаленном периоде наблюдения
Fig. 2. Curve of freedom from re-interventions in long-term follow-up

ма сердца. У второго пациента с трисомией 21, погибшего на 5-е послеоперационные сутки, КА также сочеталась с дефектом межжелудочковой перегородки, а соматическое состояние было осложнено внутриутробным инфицированием и тяжелым перинатальным повреждением почек. Нужно отметить, что коррекция изолированной КА сопровождалась 100% выживаемостью. Средняя продолжительность искусственной вентиляции легких после операции составила 26 ч, пребывания в палате интенсивной терапии — 4 сут. Ни одному пациенту не потребовалось внеплановых повторных вмешательств в срок до 30 сут. после резекции коарктации аорты.

Преходящие осложнения раннего послеоперационного периода отмечены в 2,4% наблюдений:

- неврологический дефицит с эпизодом клонико-тонических судорог ($n = 1$; 0,8%);
- левосторонний хилоторакс ($n = 1$; 0,8%), подтвержденный цитологическим исследованием содержимого плевры;
- парез левого возвратного гортанного нерва ($n = 1$; 0,8%) с клиникой стридорозного дыхания, подтвержденный фиброларингоскопией.

Результаты двухэтапной хирургической стратегии

Медиана длительности межэтапного периода наблюдения у 41 пациента, выписанного из клиники после уст-

ранения КА и суживания легочной артерии, составила 9 (6–23) мес. В этот период один ребенок, получавший зондовое кормление, погиб дома в результате аспирации желудочным содержимым.

Мы отметили спонтанное закрытие дефекта межжелудочковой перегородки у 5 (11,6%) пациентов этой когорты — вторым этапом удалили тесьму с легочного ствола без искусственного кровообращения. Тридцать пять пациентов перенесли коррекцию порока вместе с удалением тесьмы в условиях обычного искусственного кровообращения с поверхностной гипотермией. Продолжительность пережатия аорты и искусственного кровообращения в этой группе составила 56 (34–117) и 106 (70–174) мин соответственно.

Медиана длительности искусственной вентиляции легких после второго этапа коррекции была 22 (4–96) ч, пребывания в палате интенсивной терапии после операции — 2 (1–5) сут. Второй этап коррекции сопровождался 100% выживаемостью. Общая выживаемость при использовании двухэтапной стратегии в группе из 43 пациентов с сочетанием КА и септальных дефектов составила 93%.

Отдаленные результаты

В течение 8 лет послеоперационного наблюдения выживаемость в группе наблюдения составила 93,5% (рис. 1).

Погибли 8 детей, из которых четверо имели синдромальную форму врожденного порока сердца (синдромы Нунан,

Таблица 1 Динамика роста гипоплазированной поперечной дуги аорты в отдаленном периоде наблюдения

Гипоплазия поперечной дуги аорты	Z-score		P
	до операции	3,6 (0,3–8,0) года после операции	
Проксимального и дистального отделов	-3,97±0,86	-0,12±1,25	<0,001
Только дистального отдела	-3,37±1,26	0,55±1,23	<0,001

Холта – Орама, Дауна и делеции 22q11.2), шестеро — сопутствующие неврологические и соматические заболевания: церебральный паралич, эпилепсию, гидроцефальный синдром, хроническую почечную недостаточность (после перинатального острого повреждения почек), болезнь Гиршпрунга и атрезию двенадцатиперстной кишки, корригированную хирургически. Летальный исход был сопряжен либо с развитием инфекционных осложнений при госпитализации в другие стационары города Москвы, либо был результатом декомпенсации сопутствующих заболеваний.

Свобода от интервенций по поводу рекоарктации аорты на протяжении 8 лет послеоперационного наблюдения составила 92% (рис. 2). У 10 (8%) пациентов в среднем через 6,5 (3,5–15,0) мес. после операции диагностировано сужение дуги аорты со средним градиентом систолического давления, полученным методом Короткова, 42 (21–70) мм рт. ст. Из них у 5 детей исходно диагностирована гипоплазия дистальной части поперечной дуги аорты с Z-score -4,0 (от -4,7 до -3,3)

Всем пациентам с повторным сужением аорты выполнена баллонная ангиопластика зоны анастомоза «дуга – нисходящая аорта». Средний градиент давления, зарегистрированный при катетеризации аорты до процедуры, составил 37,0±3,8 мм рт. ст.; после выполнения баллонной дилатации — 8,2±1,4 мм рт. ст., $p = 0,03$. Осложнений не отмечено. На протяжении 3,5 (0,7–7,5) года катамнеза в этой когорте пациентов средний градиент между дугой и нисходящей аортой, зафиксированный с помощью транс-торакальной эхокардиографии, составил 15,2±3,3 мм рт. ст.

В группе пациентов с исходной гипоплазией дуги аорты мы зафиксировали статистически значимый рост диаметра поперечной дуги спустя 3,6 (0,3–8,0) года после создания расширенного анастомоза «конец-в-конец» (табл. 1).

Обсуждение

К настоящему моменту описано несколько хирургических методик коррекции КА. Это и простой анастомоз «конец-в-конец» [1, 2], истмопластика по Вальдхаузену [12, 13], резекция с реверсивной пластикой лоскутом левой подключичной артерии [14], баллонная дилатация зоны сужения [15, 16], а также методика коррекции коарктации аорты в условиях циркуляторного ареста или селективной церебральной перфузии доступом через срединную стернотомию [9, 10].

Метод резекции КА с расширенным анастомозом «конец-в-конец» из бокового доступа мы применяем на протяжении 10 лет. В проведенном исследовании мы продемонстрировали, что резекция коарктации аорты с расширенным анастомозом «конец-в-конец» доступом из боковой торакотомии сопровождается низкой операционной летальностью (1,6%), отличной отдаленной выживаемостью (93,5%) и низкой частотой реинтервенций (8%).

Ряд авторов также отдают предпочтение резекции КА из бокового доступа с расширенным анастомозом «конец-в-конец», считая преимуществом данного метода возможность полной резекции всей зоны коарк-

Таблица 2 Метаанализ результатов резекции коарктации аорты с использованием расширенного анастомоза «конец-в-конец»

Коллективы авторов	Возраст пациентов	Количество пациентов, n	Операционная летальность, n (%)	Рекоарктация аорты, n (%)
J.A. Van Son и соавт., 1997 [17]	<1 мес.	25	0 (0)	1 (4)
C.L. Backer и соавт., 1998 [18]	<6 мес.	55	1 (2)	2 (4)
A.E. Wood и соавт., 2004 [19]	<1 года	181	1 (0,5)	4 (2,2)
G.E. Wright и соавт., 2005 [20]	<1 года	83	2 (2)	4 (5)
J.D. Thomson и соавт., 2006 [21]	<1 года	191	9 (5)	7 (4,2)
Собственные данные	<3 мес.	124	2 (1,6)	10 (8)

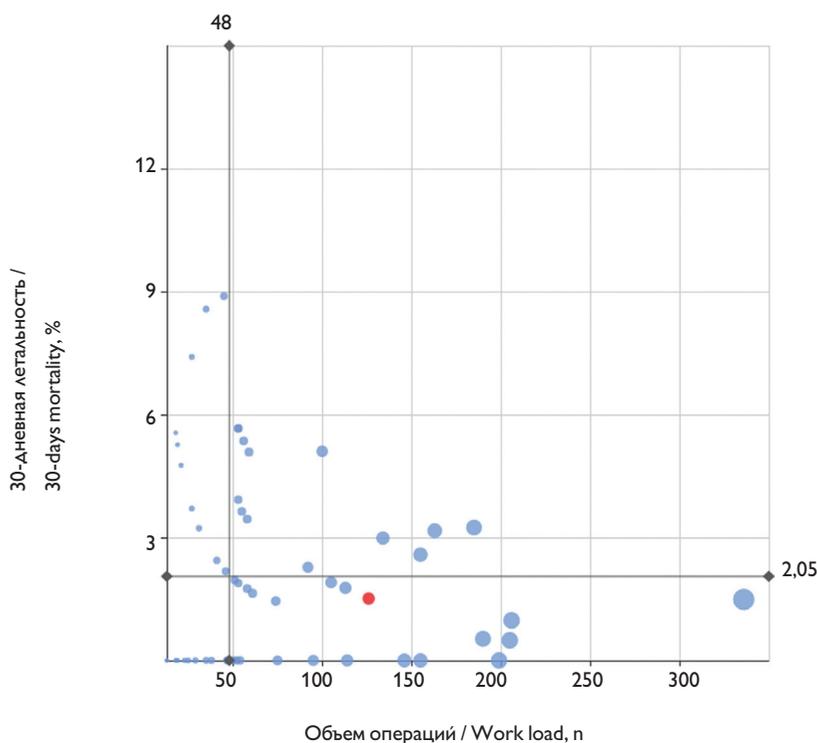


Рис. 3. ECHSA Congenital Database: сведения о 4 277 операциях резекции коарктации аорты с расширенным анастомозом «конец-в-конец»
Сгруппированы по госпиталям, предоставившим данные. Красным обозначены собственные результаты

Fig. 3. ECHSA Congenital Database: data on 4,277 operations for aorta coarctation resection with extended “end-to-end” anastomosis.
Data are grouped by hospital and ranked by volume of operations (X-axis) and 3-day mortality (Y-axis). Red arrow presents our own results

тации с максимальным иссечением дуктальной ткани и формирование широкого анастомоза дуги и нисходящей аорты, создающего возможность для роста дуги. Ими, как и в настоящей работе, отмечена низкая частота неблагоприятных исходов и рекоарктаций (табл. 2), что характеризует безопасность и эффективность этого метода [6–8].

Европейская база данных врожденных пороков сердца (англ. European Congenital Heart Surgeons Association, ECHSA Congenital Database; echsacongenitaldb.org) содержит сведения о непосредственных результатах 4 277 операций резекции коарктации аорты с расширенным анастомозом «конец-в-конец», проведенных в европейских госпиталях новорожденным и детям первого года жизни с изолированной КА и сочетанием КА и дефекта межжелудочковой перегородки с 1999 г. по настоящее время. График выполнен с использованием фильтров и инструментов базы данных (рис. 3). Учитывая тот факт, что отделение предоставляет в ECHSA Congenital Database сведения о выполненных операциях на регулярной

основе, мы можем констатировать, что объем вмешательств превышает среднюю величину с летальностью ниже средней в госпиталях Европы, участвующих в данном проекте.

До 75% пациентов, нуждающихся в устранении КА, имеют некоторую степень гипоплазии дуги [3, 6, 7, 22]. У новорожденных детей коарктация аорты чаще, чем в других возрастных группах, сочетается с гипоплазией дуги различной степени выраженности, которая может формироваться вследствие ограничения прямого кровотока по дуге, в том числе вместе с другими внутрисердечными дефектами [23]. Достаточно изучены способности роста гипопластичной дуги, в том числе при устранении КА путем резекции и создания расширенного анастомоза из бокового доступа [7, 24–26]. Авторы продемонстрировали, что даже гипопластичная дуга адаптируется к возросшему объему кровотока, что сопровождается ее отчетливым ростом [27, 28].

J.Y. Liu с коллегами считают, что необходимо оценивать рост проксимальной и дистальной дуги отдельно, так как дистальная дуга демонстрирует более устой-

чивый рост, чем проксимальная [11]. В настоящем исследовании, однако, продемонстрирован адекватный рост гипопластичной дуги аорты как в проксимальном, так и в дистальном отделах поперечной дуги аорты. Мы полагаем, что эти данные позволяют для достижения положительных результатов во многих наблюдениях избежать операций с искусственным кровообращением в периоде новорожденности, которые могут сопровождаться серьезными осложнениями со стороны центральной нервной системы, снижающими качество жизни в целом [29–32]. У пациентов с выраженной гипоплазией всей поперечной дуги аорты при Z-score менее –6 вопрос об оптимальном способе хирургической коррекции должен решаться индивидуально [33].

Среди осложнений представленного метода хирургической коррекции КА в раннем послеоперационном периоде описаны кровотечение, парез возвратного нерва, сепсис, легочный гипертензионный криз, хилоторакс, неврологические события в виде судорожного синдрома [8]. Нами был отмечен незначительный процент (2,4%) послеоперационных осложнений, что также позитивно характеризует эту хирургическую технику.

Рекоарктация аорты является самым распространенным осложнением отдаленного периода наблюдения после хирургической коррекции КА. По данным литературы, рекоарктация аорты возникает у 4–19% пациентов после операций в периоде младенчества [11, 17, 21]. Причины развития этого осложнения до конца не выяснены. Исследователи полагают, что более частое возникновение повторного сужения просвета аорты может быть связано с высоким исходным градиентом систолического артериального давления, дефектами хирургической техники, наличием резидуальной дуктальной ткани в просвете аорты или пролиферацией неоинтимы [11, 21, 34]. На возникновение повторного сужения также, безусловно, могут влиять исходная анатомия с гипоплазией дуги, степень ее выраженности и протяженности, варианты хирургической техники коррекции [6, 34]. Наибольшая частота возникновения рекоарктации аорты наблюдается у детей, оперированных в возрасте до 1 года, причем независимо от варианта хирургической техники [35, 36]. Анализируя частоту повторного сужения аорты после резекции КА из бокового доступа, мы отметили невысокую частоту этого осложнения, что сопоставимо с данными других исследователей [18–21, 33] (табл. 2).

При анализе баллонной ангиопластики зоны повторного сужения аорты в отдаленном послеоперационном периоде мы, как и другие исследователи, отметили высокую эффективность и техническую простоту при устранении рекоарктации аорты [20, 37].

У пациентов с коарктацией и дефектом межжелудочковой перегородки двухэтапная хирургическая стратегия также сопровождалась отличными клиническими результатами в представленной популяции пациентов. Эта стратегия позволила нам избежать операции с искусственным кровообращением в периоде новорожденности и дала возможность пациентам с сопутствующей перинатальной, неврологической и соматической патологией между двумя хирургическими вмешательствами достичь устойчивой компенсации, что, есть основания полагать, улучшило результаты хирургического лечения.

Ограничения

Исследование ограничено ретроспективным характером и выборкой изучаемых пациентов. Характеристика результатов резекции КА с расширенным анастомозом «конец-в-конец» дана в среднеотдаленном периоде наблюдения, при этом анатомические характеристики анализированы с использованием только трансторакальной эхокардиографии. Сведения, полученные с помощью ангиографии и магнитно-резонансной томографии в этой группе пациентов, могут способствовать дальнейшему детальному изучению результатов метода.

Изучение отдаленных результатов устранения КА с применением метода резекции с расширенным анастомозом «конец-в-конец» является проспективным процессом, мы продолжим их анализ, в том числе с акцентом на потенциальный риск артериальной гипертензии, особенно в группе детей с исходной гипоплазией поперечной дуги и пациентов с повторными сужениями аорты.

Заключение

Резекция КА с расширенным анастомозом «конец-в-конец» из бокового доступа сопровождается низкой операционной летальностью, отличной выживаемостью и низкой частотой реинтервенций в течение 8 лет послеоперационного наблюдения. В когорте пациентов с исходной гипоплазией поперечной дуги аорты отмечен рост дуги до нормальных значений. Эндovasкулярная баллонная дилатация зоны повторного сужения аорты в отдаленном послеоперационном периоде является эффективной и безопасной процедурой.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн: В.Н. Ильин

Сбор и анализ данных: М.М. Беляева, О.Ю. Корноухов, Ю.Ю. Корноухов, О.И. Калинина

Написание статьи: М.М. Беляева

Исправление статьи: В.Н. Ильин., О.Ю. Корноухов

Утверждение окончательной версии для публикации: М.М. Беляева, В.Н. Ильин, О.Ю. Корноухов, Ю.Ю. Корноухов, О.И. Калинина

Список литературы / References

1. Crafoord C., Nylin G. Congenital coarctation of the aorta and its surgical treatment. *J Thorac Surg.* 1945;14:347-61.
2. Gross R.E., Hufnagel C.A. Coarctation of the aorta. Experimental studies regarding its surgical correction. *N Engl J Med.* 1945;233(10):287-93. <https://doi.org/10.1056/NEJM194509062331001>
3. Amato J.J., Rheinlander H.F., Cleveland R.J. A method of enlarging the distal transverse arch in infants with hypoplasia and coarctation of the aorta. *Ann Thorac Surg.* 1977;23(3):261-3. PMID: 849035.
4. Lansman S., Shapiro A.J., Schiller M.S., Ritter S., Cooper R., Galla J.D., Lowery R.C., Golinko R., Ergin M.A., Griep R.B. Extended aortic arch anastomosis for repair of coarctation in infancy. *Circulation.* 1986;74(3 Pt 2):i-37-41. PMID: 3527471.
5. Brown J.W., Fiore A.C., King H. Isthmus flap aortoplasty: an alternative to subclavian flap aortoplasty for long-segment coarctation of the aorta in infants. *Ann Thorac Surg.* 1985;40(3):274-9. PMID: 3899030.
6. Brown J.W., Rodefeld M.D., Ruzmetov M. Transverse aortic arch obstruction: when to go from the front. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2009;66-9. PMID: 19349017. <https://doi.org/10.1053/j.pcsu.2009.01.024>
7. Siewers R.D., Ettetdgui J., Pahl E., Tallman T., del Nido P.J. Coarctation and hypoplasia of the aortic arch: will the arch grow? *Ann Thorac Surg.* 1991;52(3):608-13; discussion 613-4. PMID: 1898164.
8. Kaushal S., Backer C.L., Patel J.N., Patel S.K., Walker B.L., Weigel T.J., Randolph G., Wax D., Mavroudis C. Coarctation of the aorta: midterm outcomes of resection with extended end-to-end anastomosis. *Ann Thorac Surg.* 2009;88(6):1932-8. PMID: 19932265. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.08.035>
9. McKenzie E.D., Klysis M., Morales D.L., Heine J.S., Fraser C.D. Jr., Kovalchin J. Ascending sliding arch aortoplasty: a novel technique for repair of arch hypoplasia. *Ann Thorac Surg.* 2011;91(3):805-10. PMID: 21353003. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2010.10.038>
10. Elgamal M.A., McKenzie E.D., Fraser C.D. Jr. Aortic arch advancement: the optimal one-stage approach for surgical management of neonatal coarctation with arch hypoplasia. *Ann Thorac Surg.* 2002;73(4):1267-72; discussion 1272-3. PMID: 11998817.
11. Liu J.Y., Kowalski R., Jones B., Konstantinov I.E., Cheung M.M., Donath S., Brizard C.P., d'Udekem Y. Moderately hypoplastic arches: do they reliably grow into adulthood after conventional coarctation repair? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2010;10(4):582-6. PMID: 20103510. <https://doi.org/10.1510/icvts.2009.223776>
12. Vosschulte K. Surgical correction of coarctation of the aorta by an "isthmusplastic" operation. *Thorax.* 1961;16(4):338-45. PMID: 13926829, PMCID: PMC1018648.
13. Backer C.L., Paape K., Zales V.R., Weigel T.J., Mavroudis C. Coarctation of the aorta. Repair with polytetrafluoroethylene patch aortoplasty. *Circulation.* 1995;92(Suppl):II:132-6. PMID: 7586396.
14. Waldhausen J.A., Nahrwold D.L. Repair of coarctation of the aorta with a subclavian flap. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1966;51(4):532-3. PMID: 5931951.
15. Beekman R., Rocchini A.P., Dick M. 2nd, Snider A.R., Crowley D.C., Serwer G.A., Spicer R.L., Rosenthal A. Percutaneous balloon angioplasty for native coarctation of the aorta. *JACC.* 1987;10(5):1078-84. PMID: 2959709.
16. Francis E., Gayathri S., Vaidyanathan B., Kannan B.R., Kumar R.K. Emergency balloon dilation or stenting of critical coarctation of aorta in newborns and infants: an effective interim palliation. *Ann Pediatr Card.* 2009;2(2):111-5. PMID: 20808622, PMCID: PMC2922657. <https://doi.org/10.4103/0974-2069.58311>
17. Van Son J.A., Falk V., Schneider P., Smedts F., Mohr F.W. Repair of coarctation of the aorta in neonates and young infants. *J Card Surg.* 1997;12(3):139-46. PMID: 9395942.
18. Backer C.L., Mavroudis C., Zias E.A., Amin Z., Weigel T.J. Repair of coarctation with resection and extended end-to-end anastomosis. *Ann Thorac Surg.* 1998;66(4):1365-70; discussion 1370-1. PMID: 9800834.
19. Wood A.E., Javadpour H., Duff D., Oslizlok P., Walsh K. Is extended arch aortoplasty the operation of choice for infant aortic coarctation? Results of 15 years' experience in 181 patients. *Ann Thorac Surg.* 2004;77(4):1353-7; discussion 1357-8. PMID: 15063265. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2003.07.045>
20. Wright G.E., Nowak C.A., Goldberg C.S., Ohye R.G., Bove E.L., Rocchini A.P. Extended resection and end-to-end anastomosis for aortic coarctation in infants: results of a tailored surgical approach. *Ann Thorac Surg.* 2005;80(4):1453-9. PMID: 16181886. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.04.002>
21. Thomson J.D., Mulpur A., Guerrero R., Nagy Z., Gibbs J.L., Watterson K.G. Outcome after extended arch repair for aortic coarctation. *Heart.* 2006;92(1):90-4. PMCID: PMC1860999, PMID: 15845612.
22. Trinquet F., Vouhé P.R., Vernant F., Touati G., Roux P.-M., Pome G., Leca F., Neveux J.-Y. Coarctation of the aorta in infants: which operation? *Ann Thorac Surg.* 1988;45(2):186-191. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(10\)62434-4](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(10)62434-4)
23. Tsang V., Kaushal S. Coarctation aortoplasty: repair for coarctation and arch hypoplasia with resection and extended end-to-end anastomosis. *Oper Tech Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;10(3):200-8. <https://doi.org/10.1053/j.optechstcvs.2005.08.001>
24. Kawahira Y., Kishimoto H., Iio M., Ikawa S., Ueda H., Maeno T., Kayatani F., Inamura N., Nakada T. Growth of the hypoplastic aortic arch after arch repair for coarctation and interruption of the aorta. *Nihon Kyobu Geka Gakkai Zasshi.* 1994;42(7):1003-6. (In Japanese) PMID: 8089563.
25. Brouwer M.H., Cromme-Dijkhuis A.H., Ebels T., Eijgelar A. Growth of the hypoplastic aortic arch after simple coarctation resection and end-to-end anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;104(2):426-33. PMID: 1495306.
26. Machii M., Becker A.E. Hypoplastic aortic arch morphology pertinent to growth after surgical correction of aortic coarctation. *Ann Thorac Surg.* 1997;64(2):516-20. PMID: 9262604. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(97\)00444-X](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(97)00444-X)
27. Labuz D., Pyles L., Berry J., Foker J. Hypoplastic aortic arch growth following coarctation repair. Abstracts STS Annual Meeting. 2015 June 24-27. Whistler, Canada. Available from: <http://meetings.westernthoracic.org/abstracts/2015/9.cgi>
28. Kiraly L., Környei L., Mogyorossy G., Szatmari A. Hypoplastic aortic arch in newborns rapidly adapts to postcoarctectomy circulatory conditions. *Heart.* 2005;91(2):233-234. PMCID: PMC1768677, PMID: 15657246. <https://doi.org/10.1136/hrt.2003.029314>
29. Rocha T.S., Guardiola A., Piva J.P., Ricachinevski C.P., Nogueira A.

- Neuropsychomotor development before and after open-heart surgery in infants. *Arq Neuropsiquiatr.* 2009;67(2-B):457-62. PMID: 19623444.
30. Sananes R., Manlhiot C., Kelly E., Hornberger L.K., Williams W.G., MacGregor D., Buncic R., McCrindle B.W. Neurodevelopmental outcomes after open heart operations before 3 months of age. *Ann Thorac Surg.* 2012;93(5):1577-83. PMID: 22541188. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.02.011>
31. Joynt C.A., Robertson C.M., Cheung P.Y., Nettel-Aguirre A., Joffe A.R., Sauve R.S., Biggs W.S., Leonard N.J., Ross D.B., Rebeyka I.M.; Western Canadian Complex Pediatric Therapies Follow-up Group. Two-year neurodevelopmental outcomes of infants undergoing neonatal cardiac surgery for interrupted aortic arch: A descriptive analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;138(4):924-32. PMID: 19660371. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.03.016>
32. Yamada D.C., Porter A.A., Conway J.L., LeBlanc J.C., Shea S.E., Hancock-Friesen C.L., Warren A.E. Early repair of congenital heart disease associated with increased rate of attention deficit hyperactivity disorder symptoms. *Can J Cardiol.* 2013;29(12):1623-8. PMID: 24125582. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2013.07.007>
33. Kotani Y., Anggriawan S.H., Chetan D., Zhao L., Liyanage N., Saedi A., Mertens L.L., Caldaroni C.A., Van Arsdell G.S., Honjo O. Fate of the hypoplastic proximal aortic arch in infants undergoing repair for coarctation of the aorta through a left thoracotomy. *Ann Thorac Surg.* 2014;98(4):1386-93. PMID: 25152386. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014.05.042>
34. Dodge-Khatami A., Backer C.L., Mavroudis C. Risk factors for reoperation and results of reoperation: a 40-year review. *J Card Surg.* 2000;15(6):369-77. PMID: 11678458.
35. Sanchez G.R., Balsara R.K., Dunn J.M., Mehta A.V., O'Riordan A.C. Recurrent obstruction after subclavian flap repair of coarctation of the aorta in infants. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1986;91(5):738-46. PMID: 3702480.
36. Zehr K.J., Gillinov A.M., Redmond J.M., Greene P.S., Kan J.S., Gardner T.J., Reitz B.A., Cameron D.E. Repair of coarctation of the aorta in neonates and infants: a thirty-year experience. *Ann Thorac Surg.* 1995;59(1):33-41. PMID: 7818355.
37. Алекаян Б.Г., Пурсанов М.Г., Ким А.И., Беришвили Д.О., Свободов А.А., Чувараян Г.А. Сравнение непосредственных результатов хирургического и эндоваскулярного методов лечения коарктации и рекоарктации аорты у новорожденных и детей первого года жизни. *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН «Сердечно-сосудистые заболевания».* 2015;16(S3):90. [Alekyan B.G., Pursanov M.G., Kim A.I., Berishvili D.O., Svobodov A.A., Chuvarayan G.A. Comparison of immediate outcomes of surgical/endoarterial treatment of coarctation/re-coarctation in neonates and infants. *Byulleten' NTSSSKH im. A.N. Bakuleva RAMN «Serdechno-sosudistyye zabolevaniya».* 2015;16(S3):90. (In Russ.)]

Coarctation repair through left thoracotomy in neonates and infants

Maria M. Belyaeva, Vladimir N. Ilyin, Oleg Yu. Kornoukhov, Yury Yu. Kornoukhov, Oxana I. Kalinina
Filatov Children's Hospital, Moscow, Russian Federation

Corresponding author. Oleg Yu. Kornoukhov, okgreat@mail.ru

Aim. A growing interest in the use of sternotomy and perfusion for repair of aortic coarctation in neonates and infants has enabled us to retrospectively review our own experience in this practice. Our purpose was to determine the efficacy of coarctation repair with extended end-to-end anastomosis through left thoracotomy focusing on a re-intervention rate and dynamics of transverse aortic arch growth during long-term follow-up.

Methods. One hundred and twenty-four patients under 3 months old who underwent coarctation repair (between 2008 and 2016) were enrolled in this study. In 43 patients (35%), aorta coarctation was combined with ventricular septal defect, 49 patients (39.5%) had transversal aortic arch hypoplasia (Z-score less than -2). All operations were carried out by using extended "end-to-end" anastomosis technique via thoracotomy. In patients with concomitant ventricular septal defect, PA-banding was performed simultaneously. Overall follow-up was 3.6 (0.3–8.0) years.

Results. Early mortality was 1.6%. Late survival rate was 93.5%. Recurrent aortic arch obstruction was revealed in 10 (8%) patients, on the average, in 6.5 (3.5–15) months after coarctation repair. Management of re-stenosis with balloon aortoplasty was effective in all cases and had no complications. A statistically significant growth ($p < 0.001$) of the transverse aortic arch was observed in those patients who had hypoplasia of the arch before surgery.

Conclusion. Repair of coarctation of the aorta by resection and extended "end-to-end" anastomosis via thoracotomy without perfusion has low operative mortality, an excellent survival rate and a reduced rate of balloon re-intervention. Patients with baseline moderate transverse aortic arch hypoplasia demonstrate a growth of the aorta up to normal values in long-term follow-up. Endovascular balloon dilatation of aortic re-coarctation zone during long-term follow-up is an effective and safe procedure.

Keywords: aortic arch hypoplasia; coarctation of the aorta; congenital heart disease; extended end-to-end anastomosis; left thoracotomy

Received 20 June 2018. Revised 5 September 2018. Accepted 12 September 2018.

Funding: The study did not have sponsorship.

Conflict of interest: Authors declare no conflict of interest.

Author contributions

Conception and study design: V.N. Ilyin

Data collection and analysis: M.M. Belyaeva, O.Yu. Kornoukhov, Yu.Yu. Kornoukhov, O.I. Kalinina

Drafting the article: M.M. Belyaeva

Critical revision of the article: V.N. Ilyin, O.Yu. Kornoukhov

Final approval of the version to be published: M.M. Belyaeva, V.N. Ilyin, O.Yu. Kornoukhov, Yu.Yu. Kornoukhov, O.I. Kalinina

Copyright: © 2018 Belyaeva et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License.

How to cite: Belyaeva M.M., Ilyin V.N., Kornoukhov O.Yu., Kornoukhov Yu.Yu., Kalinina O.I. Coarctation repair through left thoracotomy in neonates and infants. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2018;22(4):12-20. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2018-4-12-20>