

**Бедин Алексей Владимирович**

**Персонализированный подход к хирургическому и эндоваскулярному лечению  
коарктации и рекоарктации аорты у детей разных возрастных групп**

3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Москва – 2024

Диссертационная работа выполнена на базе отделения экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы».

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук

**Абрамян Михаил Арамович**

**Официальные оппоненты:**

**Мовсесян Рубен Рудольфович** – член-корреспондент РАН, д.м.н., заведующий отделением кардиохирургии СПб ГБУЗ «Детский городской многопрофильный клинический специализированный центр высоких медицинских технологий», профессор кафедры педиатрии и детской кардиологии Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова;

**Горбатиков Кирилл Викторович** – д.м.н., заведующий кардиохирургическим отделением №2 государственного бюджетного учреждения здравоохранения Тюменской области ОКБ№1, профессор кафедры кардиологии и кардиохирургии с курсом скорой медицинской помощи института непрерывного медицинского развития Тюменского государственного медицинского университета.

**Ведущая организация:**

государственный научный центр Российской Федерации ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского».

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г. в \_\_ часов на заседании диссертационного совета 21.1.044.01 при ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России по адресу: 117997, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, 27.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России и на сайте [www.vishnevskogo.ru](http://www.vishnevskogo.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

**Ученый секретарь**

диссертационного совета

21.1.044.01

доктор медицинских наук

**Сапелкин Сергей Викторович**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования

Первичная ангиопластика и стентирование все чаще становятся методом выбора в лечении коарктации аорты (КоАо) у детей старшего возраста и взрослых. Однако применение ангиопластики у детей младшего возраста при нативной КоАо сопряжено с высокими рисками рекоарктации аорты (реКоАо). Основным методом лечения с низкими рисками рецидива является первичная хирургическая коррекция.

Доказано, что при нативной КоАо открытая хирургическая коррекция, заключающаяся в резекции суженного участка с формированием анастомоза «конец в конец», имеет более низкую частоту развития реКоАо, более низкий остаточный градиент и, следовательно, меньшее количество повторных вмешательств. При сочетании КоАо с гипоплазией дистального отдела дуги эффективно применение расширенного косоанастомоза под дугу аорты, позволяющего достигать нормальных размеров дуги за счет собственных тканей без использования чужеродных материалов.

В начале развития технологии транслюминальной баллонной ангиопластики (ТЛБАП), часть авторов, сравнивая результаты применения данного метода с методом хирургической коррекции нативной КоАо у новорожденных, утверждали, что уровень летальности и частота развития реКоАо в их группе была ниже. Привлекательным в ТЛБАП являлось то, что при благоприятном исходе процедура значительно укорачивала время операции, сроки нахождения в отделении реанимации и послеоперационный период в целом. Вопрос поиска преимуществ того или иного вида вмешательства остается и по сей день актуальным. Так, часть публикаций спустя 15–20 лет от внедрения данной методики показывали преимущества ТЛБАП. Однако, другие авторы настаивают на хирургической коррекции с использованием анастомоза, а ангиопластику предпочитают для лечения реКоАо. В научных публикациях последних лет четко прослеживаются недостатки метода ТЛБАП (частота развития рекоарктаций и аневризм аорты), требующие поиска решения.

Альтернативным вариантом хирургическому лечению и ТЛБАП стало стентирование суженного участка аорты. Применение стентов у взрослых пациентов с патологией аорты дало возможность внедрения данной методики в практику лечения коарктации у детей. Так, пациенты после стентирования имеют значительно меньше осложнений, чем после ТЛБАП и хирургической коррекции. При краткосрочном и средне-отдаленном периоде наблюдения стентирование, наравне с хирургической коррекцией, превосходит ТЛБАП по показателям гемодинамики и анатомии дуги

аорты, но по-прежнему стоит вопрос в большем числе повторных вмешательств. Если у взрослых пациентов стентирование КоАо является первичным методом лечения, то у детей, несмотря на высокую привлекательность, имеет ряд ограничений, связанных с малым размером периферических артерий, не позволяющих провести доставляющую систему должного размера, и с ростом ребенка на фоне ограниченного диаметра стента. Положительным моментом является создание новых баллон-расширяемых стентов, позволяющих провести этапные реинтервенции для достижения «взрослого» размера аорты.

Зачастую выбор способа коррекции у детей с пограничным весом, возрастом и сложной анатомией порока зависит от принятых в стационаре предпочтений. Это приводит к увеличению частоты осложнений, неуспешных коррекций и росту числа реКоАо. Вопрос поиска преимуществ того или иного вида вмешательства при КоАо и реКоАо аорты у детей остается и по сей день актуальным. Стратификация показаний к выбору способа коррекции и выявление факторов риска необходима для снижения перечисленных осложнений.

#### **Цель исследования**

Разработать персонализированный подход к лечению коарктации и рекоарктации патологии дуги и перешейка аорты у детей различных возрастных групп.

#### **Задачи исследования**

1. Оценить эффективность и безопасность различных методов коррекции коарктации и рекоарктации аорты у детей разных возрастных групп.
2. Оценить эффективность хирургического метода коррекции и определить оптимальный возраст коррекции у детей с изолированной коарктацией аорты и в сочетании с гипоплазией дуги.
3. Оценить эффективность и определить критерии отбора детей с коарктацией и рекоарктацией аорты для транслюминальной баллонной ангиопластики.
4. Оценить эффективность и определить критерии отбора детей с коарктацией и рекоарктацией аорты для стентирования.
5. Обосновать этапность и преемственность хирургических и эндоваскулярных методов лечения коарктации и рекоарктации аорты у детей различных возрастных групп.

#### **Научная новизна**

Проведен сравнительный анализ хирургического и эндоваскулярных способов коррекции коарктации и при рекоарктации аорты с оценкой непосредственных и отдаленных результатов. Впервые оценены и представлены результаты лечения данной патологии у детей разных возрастных категорий, оценена эффективность каждого способа коррекции в зависимости от возраста и анатомии порока. Доказана безопасность применения как баллонной ангиопластики, так и стентирования у детей младших возрастных групп.

Предложен подход к межэтапному катамнестическому наблюдению и этапному эндоваскулярному лечению, позволяющему малоинвазивно, эффективно и безопасно корригировать порок с ранних лет и до достижения взрослого возраста.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Даны практические рекомендации по выбору оптимального метода коррекции в зависимости от возраста ребенка, по выбору оптимального доступа в зависимости от веса ребенка. Даны рекомендации по техническому и материальному обеспечению баллонной ангиопластики и стентирования с целью сведения осложнений к минимуму. Даны рекомендации по амбулаторному отбору пациентов на хирургическую коррекцию и динамическому наблюдению за ними в послеоперационном периоде.

Разработаны и внедрены в клиническую практику и педагогику следующие рекомендации: использование доступа селективной артериотомии у детей весом до 15 кг, позволяющее безопасно выполнять процедуру стентирования аорты с использованием доставляющих систем и баллон-расширяемого стента необходимого размера. Применение постдилатации установленных стентов баллонами высокого и низкого давления для полного раскрытия стента и лучшего прилегания к стенкам аорты. Применение стента с открытыми ячейками при стентировании дуги аорты, располагая ячейки в области отхождения плече-головных сосудов: для обеспечения адекватной позиции стента использование высокочастотной стимуляции сердца временным эндокардиальным электродом, заведенным в правый желудочек сердца. Доказана высокая эффективность расширенного анастомоза «конец в конец», наложенного по малой кривизне дуги аорты у детей до года, позволяющая обеспечить сопоставимый другим отделам рост корригированного участка аорты.

### **Методология и методы исследования**

Исследование основано на анализе хода и результатов лечения 120 пациентов, которым в период 2018–2022 гг. в отделении экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии ГБУЗ «Морозовская ДГКБ ДЗМ» были выполнены 60 операций по резекции (50%) и 60 эндоваскулярных коррекций при коарктации и рекоарктации аорты, из которых 37 (31%) – стентирование суженного участка и 23 (19%) – трансаннулярная баллонная ангиопластика. Группы различались по возрасту и площади тела, поэтому были разделены на 6 возрастных групп, а для адекватного сопоставления данных использовались индексированные значения измеряемых размеров.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Резекция, ТЛБАП и стентирование КоАО и реКоАО эффективны и безопасны у детей разных возрастных групп, однако подход к лечению этих пациентов не может быть стандартизирован.

2. Резекция КоАо является оптимальным методом коррекции КоАо у новорожденных детей и детей до 1 года.

3. Транслюминальная баллонная ангиопластика не позволяет достигать физиологических характеристик кровотока в аорте; сопряжена со значительно более высокой частотой развития рестеноза в отличие от методов резекции и стентирования; может являться паллиативным методом коррекции при дискретной форме КоАо у детей раннего возраста. Проведение ТЛБАП целесообразно при реКоАо, когда невозможно по росту-весовым параметрам установить баллон-расширяемый до взрослых размеров аорты стент. Тем самым методика является «мостом» к последующему стентированию.

4. Стентирование баллон-расширяемыми до взрослого диаметра стентами эффективно и безопасно при КоАо и реКоАо у детей всех возрастных групп, не уступая по результатам методам хирургической коррекции. ТЛБАП ранее имплантированного стента у детей старше 7 лет дает возможность достигнуть сопоставимых взрослому размеру аорты значений.

#### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия, пунктам 7 «Хирургическое, включая эндоваскулярное, лечение заболеваний сердца, артериальной, венозной и лимфатической систем» и 8 «Профилактика, диагностика и лечение осложнений хирургических, включая эндоваскулярные, методов лечения заболеваний сердца, артериальной, венозной и лимфатической систем» направлений исследований.

#### **Степень достоверности и апробация результатов**

Полученные результаты диссертационного исследования основаны на сравнительном анализе результатов лечения 120 пациентов с коарктацией и рекоарктацией аорты и анализе 209 научных публикаций по данному профилю. Все данные, собранные в процессе исследования обработаны с помощью соответствующих методов статистического анализа.

Результаты исследования доложены и обсуждены на:

XXIX Всероссийском съезде сердечно-сосудистых хирургов (26–29 ноября 2023, г. Москва);

XXV Московском Международном конгрессе по рентгенэндоваскулярной хирургии (19–22 декабря 2023, г. Москва);

XXV ежегодной сессии ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» (15–17 мая 2022, г. Москва);

XXIX Всероссийском съезде сердечно-сосудистых хирургов (20–23 ноября 2022, г. Москва);

VIII Московском городском съезде педиатров с межрегиональным и международным участием «Трудный диагноз в педиатрии» (23–25 ноября 2023, г. Москва);

XXVII Всероссийском съезде сердечно-сосудистых хирургов (21–24 ноября 2021, г. Москва);  
Pediatric and Adult Interventional Cardiac Symposium (1–4 September 2021, Las Vegas, Nevada, USA);

VII Московском городском съезде педиатров (6–8 октября 2021, г. Москва).

Апробация диссертационной работы проведена на заседании Ученого Совета государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы» (протокол № 2 от 15 февраля 2024 года).

### **Внедрение результатов исследования в практику**

Результаты исследования внедрены в практику отделения экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии и в отделе постдипломной подготовки ГБУЗ «Морозовская ДГКБ ДЗМ».

Теоретические положения и практические рекомендации включены в учебный процесс при проведении циклов дополнительного профессионального образования на базе ГБУЗ «Морозовская ДГКБ ДЗМ»

### **Личный вклад автора**

Автором лично проводился сбор данных, обработка и статистический анализ материалов, полученных при обследовании и лечении пациентов. Проведен литературный анализ по изучаемой проблеме. Полученные результаты проанализированы автором и опубликованы в журналах, рецензируемых ВАК. Автор лично принимал участие в качестве лечащего врача, оперирующего хирурга или ассистента при проведении всех представленных способов коррекции изучаемой патологии.

### **Публикации по теме диссертации**

По результатам исследования автором опубликовано 8 печатных работ, в том числе 4 научные статьи в журналах, включенных в Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 1 статья в издании, индексируемом в международной базе Scopus; 3 иные публикации (1 из них – в иностранном журнале).

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 165 страницах компьютерного текста, построена по традиционному монографическому принципу, состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследования, результатов собственных исследований, заключения, выводов, практических

рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, который включает 209 источников (25 – отечественных, 184 – зарубежных). Работа иллюстрирована 52 рисунками и содержит 53 таблицы.

### **Основное содержание работы**

Данное исследование являлось обсервационным когортным нерандомизированным ретроспективным с анализом дооперационного состояния пациентов, непосредственного послеоперационного и проспективным наблюдением за отдаленными результатами

#### **Критериями включения в исследование являлись:**

Изолированная КоАо различной локализации: преддуктальная коарктация, постдуктальная коарктация;

КоАо в сочетании с патологией дуги аорты;

КоАо в сочетании с другими ВПС, не требующими одномоментного устранения порока.

#### **Критериями исключения являлись:**

Пациенты с морфологией и гемодинамикой единственного желудочка сердца.

Наличие грубой экстракардиальной патологии, не позволяющей добиться сопоставимого с общей группой результата лечения КоАо.

Проведено обследование 120 пациентов возрастом с периода новорожденности до 18 лет, оперированных в период с 2018 по 2022 год включительно с основным клиническим диагнозом коарктация аорты и рекоарктация аорты. Все пациенты были разделены на три группы в зависимости от типа хирургической коррекции:

1. Резекция КоАо с формированием анастомоза (n=60).
2. Рентгенэндоваскулярная транслюминальная баллонная ангиопластика аорты ТЛБАП (n=23).
3. Рентгенэндоваскулярная ангиопластика со стентированием аорты (n=37).

Общепринято было выполнение хирургической коррекции КоАо как у новорожденных, так и у детей более старшего возраста, однако нет четких рекомендаций в зависимости от возраста, веса ребенка и анатомии измененного участка аорты. Для подтверждения выдвинутой в данной работе гипотезы пациенты были разделены по типу вмешательства, различия в анатомии аорты, выделены шесть условно эквивалентных возрастных групп, где отдельно выделены дети до года и новорожденные.

Первичными конечными точками оценки эффективности являлись достижение в послеоперационном периоде сопоставимого с физиологическим градиента систолического давления, восстановление магистрального типа кровотока в брюшном отделе аорты и достижение сопоставимых с возрастными нормами размеров аорты в зоне вмешательства. Вторичными



конечными точками является наступление летального исхода либо выпадение из исследования в отдаленном периоде по иным причинам.

Методы коррекции	Общее количество пациентов N= 120		
	Резекция КоАо N= 60	ТЛБАП N= 23	стентирование N= 37
Возрастные группы	а. Новорожденные; б. Дети до года; в. От 1 до 3 лет; г. От 4 до 7 лет; д. От 8 до 14 лет. 6. От 15 до 17 лет включительно		
Первичное/повторное вмешательство	Коарктация аорты	Рекоарктация аорты	
Локализация стеноза аорты	Перешеек аорты	Дуга и перешеек аорты	дуга аорты
Предоперационный этап:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Антропометрические данные (вес, рост, площадь тела); Пол.</li> <li>2. Физикальное исследование: функциональный класс сердечной недостаточности, градиент давления между конечностями, измеренный методом Короткова. Оценка сопутствующий пороков сердца</li> <li>3. Инструментальные исследования: ЭКГ, ЭХОКГ с доплерографией, МСКТ -ангиография.</li> </ol>		
Интраоперационный этап:	Оценка непосредственного результата операции, характеристика способа и используемых материалов для проведения коррекции, анализ и сопоставление интраоперационных осложнений		
непосредственные результаты:	<p>Оценка эффективности коррекции в каждой из групп и сравнительный анализ по результатам, полученным при контрольной ангиографии и ЭХОКГ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ГСД (мм рт.ст.)</li> <li>2. все размеры аорты в количественном значении и по шкале стандартных отклонений z-score.</li> <li>3. Индексированные размеры левого желудочка и сократительная способность.</li> <li>3. Характеристики типов кровотока в нисходящей аорте.</li> </ol>		
Отдаленный послеоперационный период:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физикальные данные и данные ЭХОКГ</li> <li>2. Сопоставление эффективности коррекции по распределению пациентов в зависимости от результата коррекции на «зеленый сектор», где хороший результат с резидуальным ГСД до 20 мм рт.ст. и магистральным кровотоком в брюшном отделе аорты, «желтый сектор» - удовлетворительный результат с резидуальным ГСД от 20 до 40 мм рт.ст. и измененным (сниженным кровотоком в нисходящей аорте) и «красный сектор» - резидуальный ГСД более 40 мм рт.ст., коллатеральный тип кровотока в нисходящей аорте</li> </ol> <p>Продолжительность свободы от развития рекоарктации. Анализ причин повторных вмешательств.</p>		

Рисунок 1 – Дизайн исследования

На Рисунке 1 представлен дизайн исследования, в котором представлено распределение пациентов по подгруппам и этапы их обследования и анализа.

### Методы статистики.

Расчет минимального количества выборки пациентов, необходимого для получения конечных точек исследования, со значением  $p < 0,05$  был произведен с помощью компьютерной программы G\*Power 3.1.9.6. Статистический анализ проводился в программах SPSS Statistics 26 (IBM) и StatTech 3.1.7 (ООО “Статтех”, Россия, 2023) и с использованием среды для статистических вычислений R 4.2.1 (R Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия).

### Оценка клинического состояния пациента и инструментальные методы исследования

Для оценки клинического состояния определялся функциональный класс (ФК) сердечной недостаточности (ФК) по предложенной для детского возраста классификации R.D. Ross (1987). На до- и послеоперационном этапах проводился мониторинг артериального давления. Инструментальные методы исследования включали электрокардиографическое исследование (аппарат ScHiller AT-101™, Швейцария), По эхокардиографии (ЭХОКГ) с доплерографией, выполняющуюся на аппаратах экспертного класса, рекомендованных для кардиологии: Philips iE33™ и General Electric (GE)™ Vivid E95 (США). Оценивались сегменты восходящего и грудного отделов аорты, размеры и объемы левого желудочка, индексированные к площади поверхности тела. Отдельно выделены три категориальных группы, характеризующих кровотоков в брюшном отделе аорты, регистрируемый ниже зоны сужения по данным импульсно-волновой цветовой доплерографии: 1 – магистральный (физиологический, трехфазный), 2 – сниженный (измененного магистрального типа, двухфазный), 3 – коллатеральный (патологический, однофазный). Выполнялось МСКТ сердца и сосудов с ЭКГ синхронизацией исследования на аппарате Philips Brilliance CT™

### Общая характеристика исследуемых пациентов и сравнение по группам

При распределении по полу количество мальчиков составило 66,7% ( $n=80$ ), что в два раза превышало число девочек 33,3% ( $n=40$ ). Антропометрические показатели отражены в Таблице 1.

Таблица 1 – Анализ антропометрических данных в зависимости от метода коррекции

Показатели	Группы	Me	Q <sub>1</sub> – Q <sub>3</sub>	p
Рост (см)	ТЛБАП	72,0	59,5 – 90,5	< 0,001*
	Стентирование	131,5	115,0 – 152,0	$P_{\text{Стентирование}} - \text{ТЛБАП} < 0,001$
	Резекция КоАо	53,0	51,0 – 56,0	$P_{\text{Резекция КоАо}} - \text{ТЛБАП} < 0,001$ $P_{\text{Резекция КоАо}} - \text{Стентирование} < 0,001$
Вес (кг)	ТЛБАП	8,30	5,27 – 12,75	< 0,001*
	Стентирование	27,00	19,75 – 40,50	$P_{\text{Стентирование}} - \text{ТЛБАП} < 0,001$

	Резекция КоАо	3,50	3,05 – 4,50	РРезекция КоАо – ТЛБАП < 0,001 РРезекция КоАо – Стентирование < 0,001
Площадь тела (м <sup>2</sup> )	ТЛБАП	0,41	0,29 – 0,57	< 0,001*
	Стентирование	0,99	0,81 – 1,33	РСтентирование – ТЛБАП < 0,001
	Резекция КоАо	0,23	0,21 – 0,27	РРезекция КоАо – ТЛБАП < 0,001 РРезекция КоАо – Стентирование < 0,001

Учитывая полученные различия групп по возрасту и, соответственно, площади тела пациентов распределены по возрастным группам.

При распределении пациентов по возрастным группам (таблица 2) в зависимости от метода коррекции нами были выявлены статистически значимые различия ( $p < 0,001$ ). В группе ТЛБАП пациенты были возрастом от новорожденных до 5 лет, в группе стентирования были пациенты всех возрастов, большинство из которых возрастом от 6 до 10 лет. В группе резекции большинство пациентов были до года, из них 66,7% были новорожденные. В группе стентирования представлены пациенты всех возрастных групп, большинство старше года.

Таблица 2 – Распределение пациентов по возрастным группам в зависимости от метода коррекции

Показатель	Категории	Метод коррекции			p
		ТЛБАП	Стентирование	Резекция КоАо	
Возрастные группы	Новорожденные	2 (8,7)	1 (2,7)	40 (66,7)	< 0,001* РТЛБАП – Стентирование < 0,001 РСтентирование – Резекция КоАо < 0,001
	до 1 года	12 (52,2)	1 (2,7)	17 (28,3)	
	от 1 года до 5 лет	9 (39,1)	9 (24,3)	2 (3,3)	
	от 6 до 10 лет	0 (0,0)	12 (32,4)	0 (0,0)	
	от 11 до 15 лет	0 (0,0)	11 (29,7)	1 (1,7)	
	от 16 до 18 лет	0 (0,0)	3 (8,1)	0 (0,0)	

При анализе групп по локализации суженного сегмента аорты различий не выявлено ( $p = 0,333$ ) (Таблица 3).

Таблица 3 – Анализ локализации КоАо в зависимости от метода коррекции

Локализация КоАо	Метод коррекции			p
	ТЛБАП	Стентирование	Резекция КоАо	
Перешеек	18 (78,3)	25 (67,6)	41 (68,3)	0,333
Дуга+перешеек	4 (17,4)	10 (27,0)	19 (31,7)	
Дуга аорты	1 (4,3)	2 (5,4)	0 (0,0)	

По частоте рекоарктации аорты между 1 и 2 группами достоверных различий не выявлено, доля реКоАо составила 26,1% и 24,3% соответственно. В группе резекции КоАо большинству пациентов коррекция выполнялась первично (96,7%), что статистически значимо ( $p = 0,003$ ) отличало ее от других групп (Таблица 4).

Таблица 4 – Частота первичных вмешательств и вмешательств при рекоарктации в зависимости от метода коррекции

Категории	Метод коррекции			P
	ТЛБАП	Стентирование	Резекция КоАо	
Первичная коррекция n (%)	17 (73,9)	28 (75,7)	58 (96,7)	0,003* PТЛБАП – Резекция КоАо = 0,005
Повторная коррекция n (%)	6 (26,1)	9 (24,3)	2 (3,3)	PСтентирование – Резекция КоАо = 0,005

При анализе данных дооперационного ЭХОКГ выявлены статистически значимые различия градиента систолического давления между 2 и 3 группами ( $p = 0,017$ ) (Рисунок 2).

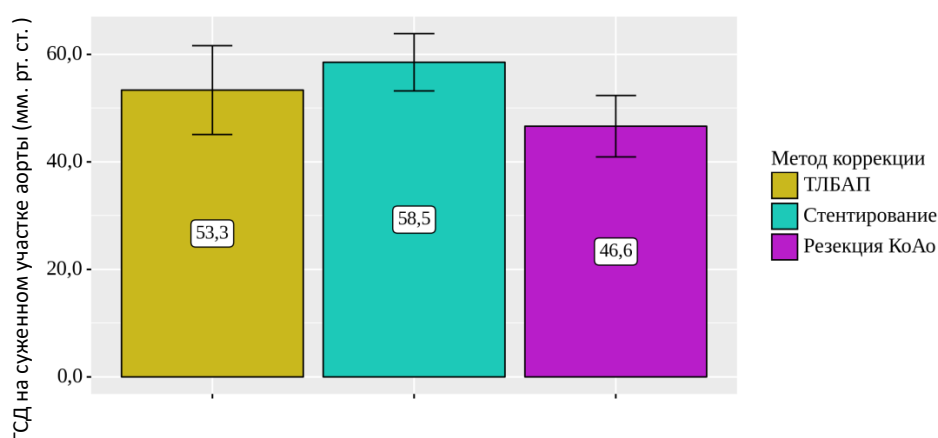


Рисунок 2 – Анализ ГСД по данным предоперационной ЭХОКГ на суженном участке аорты в зависимости от метода коррекции

### Непосредственные результаты лечения

Результаты коррекции у всех 120 пациентов условно разделены на три группы, среди которых у 110 (91,7%) наблюдаемых на госпитальном этапе был получен «хороший результат» коррекции, под которым подразумевалось отсутствие осложнений, летальности и хорошие (приближенные к физиологическим значениям) анатомические и гемодинамические показатели. У 8 (6,7%) из всех пролеченных детей по данным контрольного перед выпиской обследования показатели кровотока в брюшном отделе аорты и размеры аорты имели отклонения от возрастных норм, что было

расценено как «удовлетворительный результат» (показатели кровотока в аорте и размеры не соответствовали возрастным нормам). Отдельной конечной точкой исследования выделены летальные исходы.

В группах эндоваскулярных методов коррекции летальных исходов не наблюдалось. Группа стентирования и группа резекции равноценны по количеству хороших результатов коррекции (91,9% и 96,7% соответственно). В группе ТЛБАП у 21,7% (n=5) не удалось достигнуть оптимальных результатов.

Осложнения отмечены у 6 (5%) пациентов, включая два (1,7%) летальных исхода в группе хирургической коррекции (3,3% от всей группы).

Во всех трех группах было достигнуто статистически значимое снижение ГСД на перешейке аорты в результате проведенных хирургических вмешательств ( $p < 0,001$ ) и получен хороший гемодинамический эффект. После вмешательства наименьшие значения регистрировались в группе резекции -  $Me=15$  [ $Q_1 - Q_3$ : 12,0-18,0] мм рт.ст., в группе стентирования -  $Me=20$  [ $Q_1 - Q_3$ : 18,0-25,0] мм рт.ст., а наибольшие – в группе ТЛБАП -  $Me=24$  [ $Q_1 - Q_3$ : 17,5-31,0] мм рт.ст.

До операции во всех группах отмечался сниженный либо коллатеральный тип кровотока. В группе резекции КоАо преобладал коллатеральный кровоток (66,7%), в группе ТЛБАП – сниженный (69,6%), а в группе стентирования было отмечено равное распределение типов кровотока. По данным послеоперационного обследования группы были сопоставимы ( $p = 0,1$ ) ни в одной из групп не было зарегистрировано коллатерального кровотока, а магистральный кровоток превалировал: 69,6%, 86,5% и 88,3% в группах ТЛБАП, Стентирования и Резекции КоАо соответственно. При этом в группе ТЛБАП почти в три раза чаще (30,4%) встречался сниженный двухфазный тип кровотока.

В процессе анализа размеров суженного участка аорты по данным ЭХОКГ были установлены статистически значимые различия между тремя группами как на дооперационном, так и послеоперационном этапах ( $p < 0,001$ ). В послеоперационном периоде наибольший диаметр корригированного участка аорты был получен в группе стентирования ( $Me= 11,25$  мм). Установлены различия между 1 и 2 ( $p < 0,001$ ) и между 2 и 3 группами ( $p < 0,001$ ).

Был проанализирован Z-score перешейка аорты в динамике в зависимости от метода коррекции. За нормальные значения принято считать диапазон значений от «-2,5» до «+2,5». Были зарегистрированы статистически значимые увеличения значений стандартных отклонений во всех группах ( $p < 0,001$ ), что свидетельствует о положительном эффекте каждого метода коррекции. Однако, наиболее близкие к физиологичным нормам значения выявлены в группе стентирования ( $Me_{Z-score} = «-0,57»$ ). В группе хирургической коррекции  $Me_{Z-score} = «-2,22»$ , что также укладывается в нормальные значения. Однако в группе ТЛБАП не были достигнуты физиологичные нормы размеров перешейка аорты ( $Me_{Z-score} = «- 3,23»$ ;  $Q_1 - Q_3$ : -3,90 – -2,35) (Таблица 5).

Таблица 5 – Анализ динамики показателя Z-score перешейка в зависимости от метода коррекции

Метод коррекции	Этапы наблюдения				p
	Z-score перешейка аорты до операции		Z-score перешейка аорты после коррекции		
	Me	Q <sub>1</sub> – Q <sub>3</sub>	Me	Q <sub>1</sub> – Q <sub>3</sub>	
ТЛБАП	«-6,20»	«-7,92» – «-5,26»	«-3,23»	«-3,90» – «-2,35»	< 0,001*
Стентирование	«-4,21»	«-5,90» – «-3,33»	«-0,57»	«-1,39» – «+0,07»	< 0,001*
Резекция КоАо	«-4,98»	«-5,42» – «-4,42»	«-2,22»	«-2,64» – «-1,65»	< 0,001*
p	<0,001* Р <sub>ТЛБАП – Стентирование</sub> = 0,002 Р <sub>ТЛБАП – Резекция КоАо</sub> = 0,002		<0,001* Р <sub>ТЛБАП – Стентирование</sub> < 0,001 Р <sub>ТЛБАП – Резекция КоАо</sub> = 0,007 Р <sub>Стентирование – Резекция КоАо</sub> < 0,001		–

В ходе анализа диаметра восходящего отдела аорты нам не удалось выявить значимых изменений в результате вмешательств ни в одной из групп ( $p = 0,581$ ;  $p = 0,414$ ;  $p = 0,057$ ). Статистически значимые изменения ( $p = 0,002$ ) проксимального отдела аорты в результате проведенной коррекции установлены только в группе резекции КоАо: до операции  $Me = 6$  мм [Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>: 5,00 – 7,00 мм], после операции  $Me = 6,5$  мм [Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>: 6,00 – 7,50 мм]. В процессе сравнения до- и послеоперационных размеров дистального отдела дуги аорты были достигнуты статистически значимые изменения в сторону увеличения просвета аорты во всех группах:  $P_{\text{ТЛБАП}} = 0,028$ ;  $P_{\text{стентирование}} = 0,034$ ;  $P_{\text{резекция}} = 0,014$ . (Используемый метод: парный t-критерий Стьюдента). На послеоперационном этапе исследования ни в одной из групп не получено статистически значимых различий размеров нисходящего отдела аорты.

Проведенный статистический анализ показал, что все три вида коррекции способствуют достоверному увеличению размеров не только перешейка, но и дистального отдела дуги аорты, а в группе резекции КоАо – еще и проксимального отдела, что обусловлено рутинным применением расширенного анастомоза «конец в конец» под дугу.

### Оценка размеров и функции левого желудочка сердца по ЭХОКГ в динамике

Проведен анализ размеров, объемов и сократительной способности левого желудочка в результате проведенных коррекций. Для сопоставления различных возрастных групп между собой значения были переведены в индексированные, рассчитанные на площадь тела пациента.

В результате проведенного до и послеоперационного анализа ЭХОКГ показателей левого желудочка выявлено, что в результате коррекции достигнуты статистически значимые изменения следующих параметров: увеличение ФВлж (%) группе резекции КоАо ( $p < 0,001$ ), уменьшение иКДОлж мл/м<sup>2</sup> в группах ТЛБАП ( $P = 0,046$ ) и резекции КоАо ( $p = 0,007$ ), снижение иКСОлж мл/м<sup>2</sup> в группах стентирования ( $P = 0,039$ ) и резекции КоАо ( $p = 0,001$ ).

В группах ТЛБАП и стентирования измерение градиента систолического давления методом прямой ангиотензиометрии проводилось на начальном и контрольном этапах проводимой коррекции (Таблица 6).

Таблица 6 – Анализ динамики ГСД по данным прямой ангиотензиометрии в зависимости от метода коррекции

Метод коррекции	Этапы наблюдения				p
	ГСД перед коррекцией, мм рт. ст.		ГСД после коррекции, мм рт. ст.		
	Me	Q <sub>1</sub> – Q <sub>3</sub>	Me	Q <sub>1</sub> – Q <sub>3</sub>	
ТЛБАП	45,0	40,0 – 60,0	15,0	5,00 – 20,0	<0,001*
Стентирование	41,0	38,0 – 56,0	1,00	1,00 – 9,00	<0,001*
p	0,350		<0,001*		–

При сравнении групп эндоваскулярной коррекции не удалось установить статистически значимых различий при проведении первичной ангиотензиометрии ( $p = 0,350$ ). Однако при контрольном исследовании параметра были выявлены существенные различия ( $p < 0,001$ ) (*используемый метод: U-критерий Манна-Уитни*). В обеих группах в результате проведенных вмешательств были установлены статистически значимые снижения ГСД: в группе ТЛБАП с  $Me = 45,00$  до  $Me = 15,00$  мм рт.ст., а в группе стентирования с  $Me = 41,0$  до  $Me = 1,0$  мм рт. ст.

Выявлено, что желаемый результат, когда значение ГСД не превышало 20 мм рт. ст. был достигнут в обеих группах. Было отмечено, что данные прямой ангиотензиометрии отличаются от аналогичных показателей, полученных путем ЭХОКГ-доплерографии, где ГСД имел более высокие значения.

В группе стентирования проведен анализ диаметра стентированного участка аорты у пациентов разных возрастных групп с шагом в три года. Было установлено, что в возрасте 16 лет и старше возможна дилатация стента до взрослого диаметра при первичной процедуре. В возрасте от 7 до 15 лет средние значения диаметра перешейка и дистальной дуги аорты примерно одинаковы, и при достижении антропометрических данных взрослого человека им потребуется скорее одна повторная баллонная дилатация установленного стента. Соответственно при стентировании аорты у детей младше семи лет потребуется проведение двух или более подобных вмешательств (Рисунок 3).

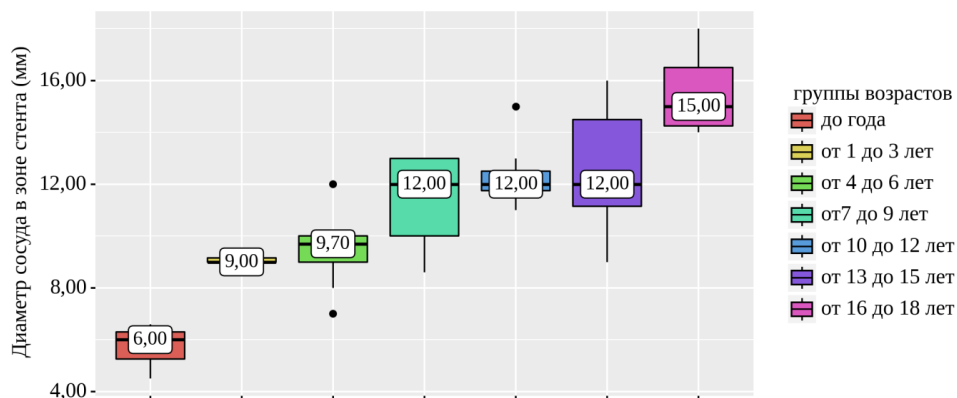


Рисунок 3 – Анализ диаметра стентированного участка аорты в зависимости от возраста пациентов

При сравнении результата коррекции в зависимости от возрастных групп нам не удалось установить статистически значимых различий ( $p = 0,258$ ) (используемый метод: *Хи-квадрат Пирсона*). Физиологических значений не удалось достигнуть у 5 пациентов до года, включая одного новорожденного (4 в группе ТЛБАП и 1 в группе стентирования), у одного пациента после ТЛБАП в группе от 1 до 5 лет, и у двух пациентов после стентирования в возрасте от 6 до 10 лет.

#### Отдаленные результаты лечения

Отдаленные результаты прослежены у 102 (85%) пациентов, которые оставались под динамическим наблюдением специалистов нашей больницы либо амбулаторно, либо были повторно госпитализированы в отделение. Медиана наблюдения составила 18 месяцев с максимальным сроком наблюдения 45 месяцев.

При катamnестическом наблюдении пациентов с КоАо мы разработали следующую схему наблюдения. Независимо от метода коррекции, если пациент выписывался с хорошим результатом (резидуальный ГСД ЭХОКГ при выписке менее 20 мм рт. ст., Z-score от «-2,5» и выше, магистральный кровоток в брюшном отделе аорты по данным ЭХОКГ, неинвазивный ГСД между верхними и нижними конечностями по методу Короткова не превышал 20 мм рт. ст.), он относился к условно «зеленому сектору», и наблюдался через 1 мес., затем через 6 мес., 1 год и далее – ежегодно, если не отмечалось отрицательной динамики. Если ребенок выписывался с удовлетворительными результатами коррекции: резидуальный ГСД от 20 до 40 мм рт. ст., Z-score от «-2,5» и ниже, и измененный (двухфазный) магистральный тип кровотока в брюшном отделе аорты, он относился к условно «желтому сектору», в котором велось наблюдение кардиологом и контроль ЭХОКГ каждые 3–6 мес. В последствии, он либо переходил в «зеленый сектор» в случае улучшения анатомических и гемодинамических показателей, либо в «красный сектор» (прогрессивно нарастающий ГСД выше 40 мм рт. ст., уменьшение скоростных характеристик кровотока в брюшном отделе аорты), при котором кардиологом выставлялся диагноз реКоАо и



пациент направлялся на госпитализацию в отделение для проведения дополнительных инструментальных методов исследования (МСКТ, рентгенангиография) и определения хирургической тактики лечения.

В отдаленном периоде у 84% наблюдаемых сохранялся хороший эффект хирургического лечения. У 13 (12,7%) пациентов отмечалось появление признаков реКоАо, из них повторное вмешательство потребовалось 10 (9,8 %) пациентам. Остальные три пациента оставались под наблюдением в «желтом секторе» с учетом планируемой возможности установки баллон-расширяемых до взрослого размера стентов в более старшем возрасте.

В группах эндоваскулярных методов коррекции (ТЛБАП и Стентирование) как на госпитальном, так и в отдаленном периоде летальных исходов не зарегистрировано. В группе резекции КоАо в отдаленном периоде зарегистрировано 3 (2,94%) летальных исхода в течение 1 - 2 месяцев после выписки из стационара у детей, которым резекция КоАо выполнялась в периоде новорожденности. Эти пациенты имели сложные ВПС: у двух КоАо и ДМЖП, у третьего - КоАо с ДМЖП и стенозом выводного отдела ЛЖ и подтвержденной генетической патологией (синдром Ди Джорджи).

При сравнительном анализе частоты наступления неблагоприятных исходов в зависимости от метода коррекции нами были установлены статистически значимые различия ( $p = 0,014$ ). Наибольшее количество реКоАо отмечено в группе ТЛБАП (30%), наименьшее – в группе резекции КоАо (4,1%).

При анализе показателя ГСД (мм рт. ст.), полученного по данным ЭХОКГ-доплерографии, были выявлены статистически значимые различия между группами в отдаленном периоде ( $p = 0,002$ ). В группе резекции КоАо ГСД был ниже, чем в группах эндоваскулярных коррекций и составил  $M \pm SD = 18,5 \pm 14,4$  мм рт. ст. (ДИ95%: 14,1–22,9). В группе стентирования  $M \pm SD = 29,4 \pm 14,9$  мм рт.ст.; ДИ95%: 23,8-35,1 ( $P_{\text{резекция КоАо} - \text{стентирование}} = 0,008$ ). В группе ТЛБАП  $M \pm SD = 29,9 \pm 15,8$  мм рт.ст.; ДИ95%: 22,7 – 37,1 ( $P_{\text{резекция КоАо} - \text{ТЛБАП}}$ ).

Во всех группах достигнутый в послеоперационном периоде ГСД оставался в отдаленном периоде без значимого прироста. В группе стентирования отмечен незначительный, но статистически значимый прирост с  $22,3 \pm 6,6$  до  $29,4 \pm 14,9$  мм рт. ст, хотя ГСД и оставался в пределах 30 мм рт. ст. ( $P_{\text{ГСД ЭХОКГ отдал.} - \text{ГСД ЭХОКГ после опер.}} = 0,006$ ) (Рисунок 4).

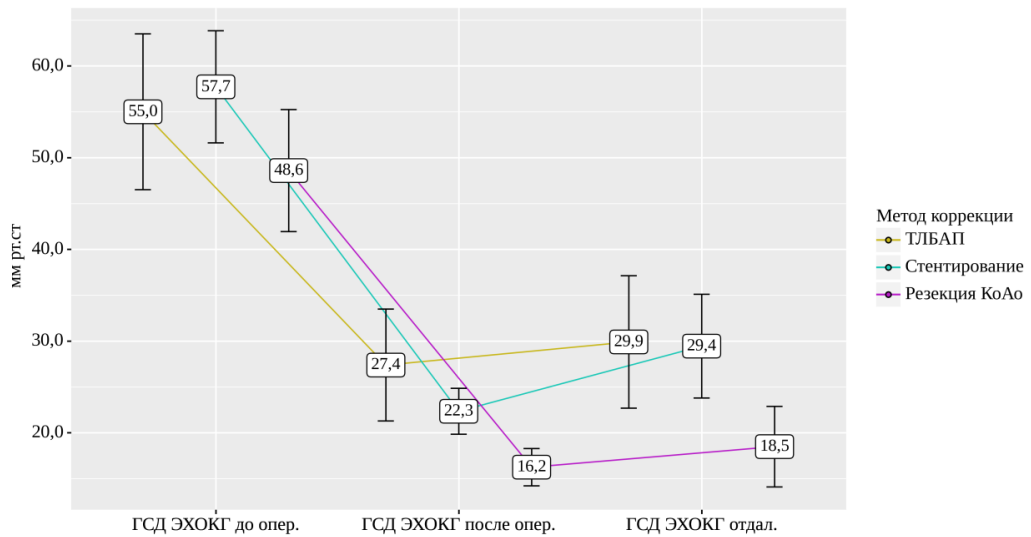


Рисунок 4 – Анализ динамики ГСД на корригированном участке аорты по данным ЭХОКГ на предоперационном, послеоперационном и отдалённом этапах наблюдения.

По показателю Z-score корригированного участка аорты в отдаленном периоде группа ТЛБАП имели существенные различия с группой стентирования ( $p=0,004$ ) и с группой резекции КоАо ( $p=0,007$ ). Последние две группы между собой значимо не различались (используемый метод: F-критерий Фишера). На представленном ниже рисунке (Рисунок 5) видно, что в группе стентирования послеоперационный эффект, достигнувший нормальных значений размера аорты («-0,49»), значимо не отличался в отдаленном периоде («-0,84»). В группе резекции КоАо достигнутый при выписке показатель «-2,24», находившись на нижней границе допустимых значений, в отдаленном периоде увеличился до «-1,40» за счет роста зоны анастомоза. В группе ТЛБАП, несмотря на увеличение показателя между послеоперационным и отдаленным этапом, нормальных значений достигнуть всё же не удалось ( $Z\text{-score} = -2,97$ ).

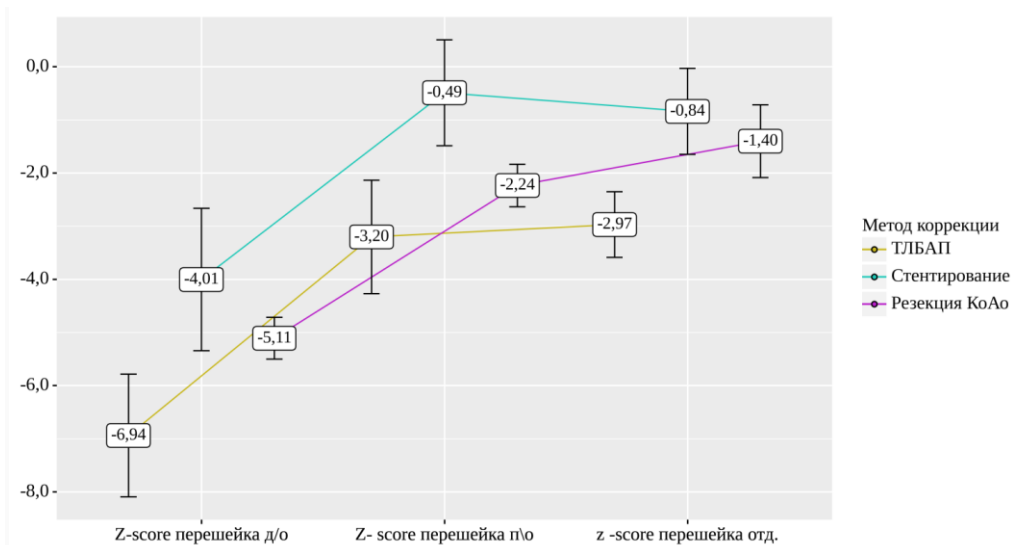


Рисунок 5 – Динамика значений показателя z-score перешейка аорты на предоперационном, послеоперационном и отдаленном этапах наблюдения.

Из представленных данных, характеризующих размеры корригированного участка аорты и ГСД на нем, установлено, что после резекции КоАо и формирования расширенного анастомоза под дугу с ростом ребенка отмечается статистически значимое увеличение зоны коррекции ( $4,19 \pm 0,90$  мм до  $7,00 \pm 1,80$  мм;  $p < 0,001$ ), что позволяет в послеоперационном периоде сохранять резидуальный ГСД на низком уровне значений, сопоставимым физиологическим (от  $16,2 \pm 6,7$  мм рт. ст. – перед выпиской из стационара и  $18,5 \pm 14,4$  мм рт. ст. – в отдаленном периоде;  $p = 0,219$ ). В группе ТЛБАП было отсутствие значимого прироста диаметра аорты ( $p = 0,094$ ), при этом резидуальный ГСД ( $p = 0,395$ ) также значимо не увеличивался. В группе стентирования диаметр аорты закономерно не менялся в послеоперационном и отдаленном периодах ( $p = 0,953$ ) ввиду ограничения возможности самостоятельного роста стентированного участка аорты, что, в свою очередь, обуславливает прирост резидуального ГСД, по мере физиологического развития ребенка.

При межгрупповом анализе типов кровотока в брюшном отделе аорты в отдаленном периоде были выявлены статистически значимые различия ( $p = 0,002$ ) (Таблица 7).

Таблица 7 – Анализ типов кровотока в брюшном отделе аорты в отдаленном периоде в зависимости от метода коррекции

Показатель	Категории	Метод коррекции			P
		ТЛБАП n (%)	Стентирование n (%)	Резекция КоАо n (%)	
Кровоток в брюшном отделе аорты в отдаленном периоде.	Магистральный	11 (55,0)	24 (82,8)	44 (95,7)	0,002* P <sub>ТЛБАП – Резекция КоАо</sub> < 0,001
	Сниженный	7 (35,0)	4 (13,8)	1 (2,2)	
	Коллатеральный	2 (10,0)	1 (3,4)	1 (2,2)	

Учитывая, что в группе ТЛБАП значения размеров корригированного участка аорты отставали от нормальных значений, рассчитанных на площадь тела детей, резидуальный ГСД в послеоперационном периоде оставался повышенным, магистральный тип кровотока в брюшном отделе аорты сохранился лишь у 55% наблюдаемых. В итоге количество пациентов, потребовавших повторных вмешательств было значимо выше, чем в группах стентирования и резекции.

Методом бинарной логистической регрессии была разработана прогностическая модель для определения вероятности реоперации в зависимости от типа кровотока в брюшном отделе аорты после операции по данным ЭХОКГ доплерографии (по категориям – «магистральный» и

сниженный). Наблюдаемая зависимость описывается уравнением:  $P = 1 / (1 + e^{-z}) \times 100\%$ ,  $z = -3,689 + 3,571X_{\text{Сниженный кровотока}}$

где:  $P$  – вероятность реоперации,  $X_{\text{Сниженный}}$  – Кровоток в брюшной аорте после операции (0 – Магистральный, 1 – Сниженный),  $e$  – число Эйлера, являющееся основанием натурального логорифма (= 2,71828).

Полученная регрессионная модель является статистически значимой ( $p < 0,001$ ). Таким образом, при наличии сниженного (двухфазного) кровотока в брюшном отделе аорты после операции, шансы реоперации увеличивались в 35,556 раза по сравнению с магистральным типом кровотока. При магистральном типе кровотока в брюшном отделе аорты повторного вмешательства не требовалось. При наличии коллатерального кровотока шанс реоперации был 100%.

### Анализ свободы от повторных вмешательств

Была выявлена статистически значимая разница между группами в отношении безрецидивной выживаемости пациентов ( $p = 0,0144$ ). Риск возникновения рецидива в группе ТЛБАП по сравнению с пациентами, которым была выполнена резекция КоАо, был статистически значимо выше в 7,95 [95% ДИ: 1,16; 54,34] раз ( $p = 0,0309$ ). Статистически значимых различий между пациентами, которым выполнена ТЛБАП или стентирование ( $HR = 2,18$  [95% ДИ: 0,48; 9,96],  $p = 0,4544$ ), и стентирование или резекция КоАо ( $HR = 3,65$  [95% ДИ: 0,48; 28,01],  $p = 0,2955$ ) выявлено не было (Рисунок 6).

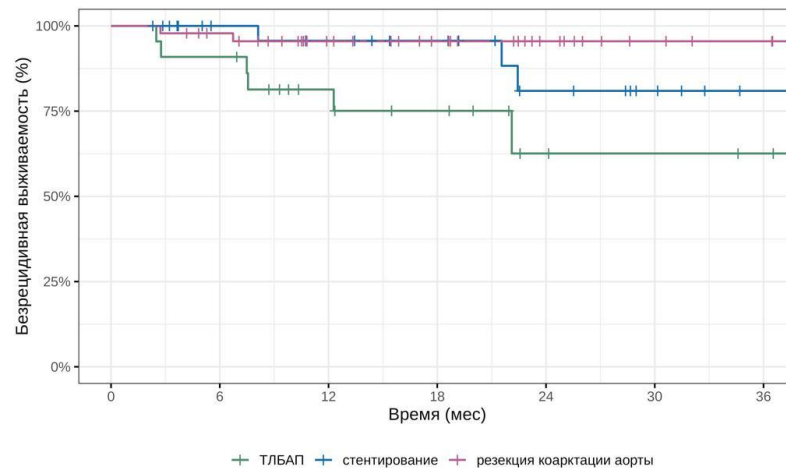


Рисунок 6 – Безрецидивная выживаемость пациентов в зависимости от типа операции

При сопоставлении реоперации в зависимости от возрастных групп нам не удалось выявить статистически значимых различий ( $p = 0,759$ ). Наибольшее число пациентов было в возрасте от 1 мес. до года. Повторные вмешательства в отдаленном периоде проведены у 10 из 97 наблюдаемых (10,3%): в группе ТЛБАП, где отмечен наибольший процент рецидива КоАо, 5 из 23 пациентов

(21,7%) возрастом от 7 дней до 7 месяцев на момент первичной коррекции. В группе стентирования – 3 из 30 пациентов (n=10%) возрастом 5 мес., 4 года и 10 лет. В группе резекции КоАо – наименьшее количество 2 из 44 (4,5%) возрастом 26 дней первому и 3 месяца второму (Таблица 8).

Таблица 8 – Анализ частоты повторных вмешательств в возрастных группах

Показатель	Категории	Возрастные группы						p
		новорожденные	до 1 года	от 1 года до 5 лет	от 6 до 10 лет	от 11 до 15 лет	от 16 до 18 лет	
Повторное вмешательство	не требовалось	30 (90,9)	20 (83,3)	16 (88,9)	8 (88,9)	12 (100,0)	1 (100,0)	0,759
	реоперации	3 (9,1)	4 (16,7)	2 (11,1)	1 (11,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	

В нашем исследовании мы показали, что стентирование возможно выполнять не только у взрослых пациентов и подростков, но и у детей всех возрастных групп, включая детей до года (но со значительными ограничениями). Использование селективного артериотомного доступа к общей бедренной артерии позволило избежать таких осложнений, как диссекция или аневризма периферических артерий у детей весом менее 15 кг, а в случае паллиативного стентирования у новорожденных применение доступа через правую общую сонную артерию позволило провести необходимого размера доставку со стентом так же без осложнений. В работе доказана высокая эффективность и безопасность применения метода резекции КоАо с формированием расширенного анастомоза под дугу доступом из левосторонней торакотомии, где хороший результат коррекции мы получили у 96,7%, не достигнув 100% из-за двух летальных случаев (3,3%). Мы получили сопоставимые по эффективности резекции КоАо результаты в группе стентирования, где у 91,9% пациентов также был получен хороший результат коррекции. Группа ТЛБАП статистически значимо (p=0,006) отличалась более низким количеством пациентов с достигнутым оптимальным гемодинамического эффектом (78,3%). При этом в группах эндоваскулярных коррекций летальных исходов не получено.

Анализ непосредственных результатов различных методов коррекции показал, что все три метода оказывают статистически значимый положительный эффект, проявляющийся увеличением просвета аорты со снижением в послеоперационном периоде ГСД в зоне вмешательства, улучшением характеристик кровотока в нисходящей аорте, нормализацией размеров левого

желудочка. При этом установлено, что группы резекции КоАо и стентирования были более эффективными в плане достижения физиологических показателей гемодинамики вне зависимости от локализации и протяженности коарктации аорты. В группе ТЛБАП был отмечен более высокий резидуальный ГСД как по данным прямой тензиометрии, так и по данным ЭХОКГ, при этом в этой группе не удалось достичь физиологических значений Z-score (выше «-2,5»).

Анализ причин развития реКоАо у пациентов, потребовавших повторного вмешательства в отдаленном периоде, показал, что при регистрации сниженного (двухфазного) кровотока в брюшном отделе аорты после операции шансы реоперации увеличиваются в 35,556 раз по сравнению с магистральным типом кровотока.

При анализе результатов коррекции у пациентов, которым потребовалось повторное вмешательство, мы проследили следующую тенденцию – значения Z-score менее «-3» и резидуальный ГСД на перешейке аорты выше 30 мм рт.ст. после проведенного вмешательства могут быть предикторами развития рекоарктации аорты.

В группе стентирования у детей младшего возраста появление признаков реКоАо в отдаленном периоде мы расценивали как закономерное течение. Благодаря сохранению «фиксированного» диаметра стентированного участка аорты резидуальный ГСД нарастал по мере роста ребенка и требовалась плановая баллонная дилатация стента. Обладая этими знаниями, всегда имплантировались баллон-расширяемые стенты с открытыми ячейками, позволяющие в дальнейшем путем использования баллонной дилатации добиться сопоставимого нормальным значениям просвета аорты. При этом стоит отметить, что ни у одного пациента, подвергнутого тому или иному способу коррекции реКоАо, не было получено осложнений ни со стороны корригируемого участка аорты, ни и со стороны периферических артерий, используемых для доступа. Таким образом, этапный эндоваскулярный подход к лечению детей с КоАо и реКоАо позволяет избежать травматичной, сопряженной с более высокой частотой осложнений открытой хирургической коррекции.

### **Выводы.**

1. Во всех возрастных группах достигнуто статистически значимое снижение градиента систолического давления и нормализация кровотока в брюшном отделе аорты, связанные с увеличением просвета аорты как при хирургической коррекции, так и при эндоваскулярных способах лечения. В общей группе хороший результат достигнут у 91,7%. Осложнений, связанных с проведением того или иного способа коррекции не зарегистрировано. Летальные исходы составили 1,66% у детей с тяжелым коморбидным фоном из группы резекции коарктации аорты.

2. У детей первого года жизни при изолированной КоАо и в сочетании с гипоплазией дистального отдела дуги рекомендована хирургическая коррекция путем резекции всего суженного участка с дуктальной тканью и формированием расширенного косого анастомоза под дугу аорты. Метод имеет высокую эффективность, достигая физиологических значений гемодинамики в 85% случаев и обеспечивает дальнейший рост зоны анастомоза.

3. Транслюминальная баллонная ангиопластика может быть альтернативой хирургическим методам коррекции при дискретной форме коарктации аорты у детей от 1 года и до 7 лет. Не эффективна при гипоплазии дуги, патологической извитости и протяженном стенозе перешейка аорты. Целесообразна при рекоарктации аорты у детей, имеющих ограничения по возрасту и весу к установке стента, расширяемого баллоном до размеров аорты взрослого человека.

4. Стентирование аорты баллон-расширяемыми стентами при коарктации и рекоарктации аорты позволяет безопасно добиться физиологических параметров гемодинамики во всех возрастных группах детей. Результаты стентирования сопоставимы с хирургической коррекцией. Метод рекомендован для лечения КоАо и реКоАо у детей с весом от 15 кг. У детей от 7 до 15 лет прогнозируемо требуется от одного до двух повторных вмешательств, связанных с баллонной дилатацией стента. У детей старше 15 лет процедурой стентирования можно добиться сопоставимых взрослым нормам размеров аорты.

5. Выбор способа коррекции КоАо и реКоАо у детей не может быть унифицирован. ТЛБАП может выступать в качестве «моста» к последующему стентированию у детей от 1 года до 5 лет. Баллонная дилатация ранее имплантированного стента позволяет безопасно и малотравматично достигать сопоставимого взрослым размерам диаметра сосуда. При критической КоАо у новорожденных пациентов и детей грудного возраста с тяжелым коморбидным фоном ТЛБАП и стентирование могут быть использованы в качестве паллиативной процедуры для стабилизации состояния перед хирургической коррекцией.

### **Практические рекомендации**

1. Рекомендовано выполнение резекции с расширенным анастомозом под дугу доступом из левосторонней торакотомии как при изолированной коарктации перешейка, так и в случае с сочетанием гипоплазии дистального отдела дуги аорты у детей раннего возраста.

2. У пациентов от 1 года до 3 лет при проведении ТЛБАП следует избегать агрессивной дилатации для профилактики развития аневризм аорты.

3. Рекомендуем выбирать размер баллонного катетера под диаметр дистального отдела дуги аорты, ориентируясь на максимальный размер суженного участка.

4. При выполнении стентирования КоАо рекомендовано использовать баллон-расширяемые стенты размеров, позволяющих достигать путем повторной баллонной ангиопластики взрослого диаметра аорты.

5. В случае применения стентирования у детей весом менее 20 кг мы рекомендуем проведение оценки размеров периферических артерий для сопоставления с размером планируемого к использованию интродьюсера. Доступ селективной артериотомии общей бедренной артерии может быть предпочтительным у детей весом до 15 кг для профилактики таких осложнений как диссекция, тромбоз или ложная аневризма артерии.

6. Стентирование КоАо и reКоАо применимо не только при изолированном стенозе перешейка, но и при протяженном стенозе дуги аорты. В случае необходимости имплантации стента в области дистального или проксимального отдела дуги аорты рекомендовано применение стента с открытыми ячейками, располагая их в области отхождения плече-головных сосудов: для обеспечения адекватной позиции стента рекомендуем использовать высокочастотную стимуляцию сердца временным эндокардиальным электродом, заведенным в правый желудочек сердца.

7. При постдилатации имплантированного стента рекомендовано применение баллонов как высокого (для раскрытия стента), так и низкого (для лучшей конфлюентности стента к стенке аорты) давления.

8. Рекомендовано динамическое амбулаторное наблюдение оперированных по поводу КоАо детей со следующими интервалами: при хорошем результате коррекции к моменту выписки (ГСД менее 20 мм рт. ст., Z-score «-2,5» и выше, магистральный кровоток в брюшном отделе аорты) через 1 мес., через 6 мес., затем через 1 год и далее – ежегодно, если не нарастает градиент АД. При таких пограничных результатах при выписке, как резидуальный ГСД более 20 мм рт. ст., Z-score ниже «-2,5» и измененном характере кровотока в брюшном отделе аорты) – рекомендовано наблюдение у кардиолога с контролем ЭХОКГ каждые 3–6 мес. В случае коллатерального кровотока в брюшном отделе аорты и градиента выше 40 мм рт. ст.– направление на госпитализацию с целью комплексного обследования и коррекции рекоарктации аорты.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации.**

1. Первый опыт хирургического лечения инфантильной коарктации в сочетании с гипоплазией дуги аорты / А.В. Нохрин, А.И. Ануфриев, **А.В. Бедин**, И.К. Халивопуло, И.Н. Сизова, А.Н. Коков, А.В. Кузьмин, В.В. Чагирев, И.В. Кузьмин, М.В. Кулавская // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2013. – № 4. – С. 35–41.



2. Этапное хирургическое лечение пациента с коарктацией в сочетании с абберантной правой подключичной артерией / А.Н. Казанцев, А.И. Ануфриев, А.В. Нохрин, **А.В. Бедин** // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2017. – Т. 6. – № 2. – С. 118–122.
3. Редкий случай стентирования коарктации аорты у ребенка с массой тела менее 15 кг с помощью Covered CP Stent после анатомической коррекции транспозиции магистральных сосудов / М.Г. Пурсанов, М.А. Абрамян, **А.В. Бедин**, Д.Б. Пардаев // **Эндоваскулярная хирургия**. – 2019. – Т. 6. – № 1. – С. 52–57.
4. Endovascular Treatment of Hypoplastic Gothic Aortic Arch in Combination With Congenital Absence of the Left Common Carotid Artery / M.G. Pursanov, M.A. Abramyanyan, Y.N. Shamrin, **A.V. Bedin** // J Struct Heart Dis. – 2019. – Vol. 5. – № 6. – P. 259–264.
5. Диагностическая информативность современных методов визуализации в диагностике коарктации аорты у детей / К.А. Хасанова, С.К. Терновой, М.А. Абрамян, **А.В. Бедин** // **Российский электронный журнал лучевой диагностики**. – 2022. – Т. 12. – № 4. – С. 74–84. [Scopus]
6. Роль транслюминальной баллонной ангиопластики в лечении коарктации и рекоарктации аорты у детей разных возрастных групп / **А.В. Бедин**, М.Г. Пурсанов, М.А. Абрамян, Д.Б. Пардаев, М.М. Курако, Ю.Н. Шамрин, К.А. Хасанова, Ю.Э. Кочарян, В.П. Мирошниченко // **Эндоваскулярная хирургия**. – 2022. – Т. 9. – № 2. – С. 144–156.
7. Результаты хирургической коррекции коарктации аорты в сочетании с гипоплазией дуги аорты доступом из левосторонней торакотомии / **А.В. Бедин**, М.А. Абрамян, Ю.Н. Шамрин, М.М. Курако, М.Г. Пурсанов, К.А. Хасанова, Д.Г. Коваленко, Ю.Э. Кочарян // **Детские болезни сердца и сосудов**. – 2023. – Т. 20. – № 1. – С. 5–16.
8. Стентирование при обструктивной патологии дуги и перешейка аорты у детей и подростков / М.Г. Пурсанов, **А.В. Бедин**, М.А. Абрамян, Д.Б. Пардаев, Ю.Н. Шамрин, М.М. Курако, К.А. Хасанова, Д.Г. Коваленко // **Эндоваскулярная хирургия**. – 2023. – Т. 10. – № 3. – С. 310–329.

### Список сокращений и условных обозначений

2ств AoК – двустворчатый аортальный клапан  
 БА – баллонная ангиопластика  
 БЦА – брахиоцефальные артерии  
 ВПС – врожденный порок сердца  
 ГСД – градиент систолического давления  
 ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки  
 иЗСЛЖ – индексированный размер задней стенки левого желудочка  
 иКДОлж – индексированный конечный диастолический объем левого желудочка  
 иКДРлж – индексированный конечный диастолический размер левого желудочка

иКСОлж – индексированный конечный систолический объем левого желудочка  
иКСРлж – индексированный конечный систолический размер левого желудочка  
иМЖП – индексированный размер межжелудочковой перегородки  
к/д – койко-день  
КДО – конечный диастолический объем  
КДР – конечный диастолический размер левого желудочка  
КоАо – коарктация аорты  
КСО – конечный систолический объем  
КСР – конечный систолический размер  
МРТ – магнитно-резонансная томография  
МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография  
ОАП – открытый артериальный проток  
реКоАо – рекоарктация аорты  
ТЛБАП – транслюминальная баллонная ангиопластика  
ФВ – фракция выброса  
ФК – функциональный класс  
ХСН – хроническая сердечная недостаточность  
ЭКГ – электрокардиография  
ЭХОКГ – эхокардиография