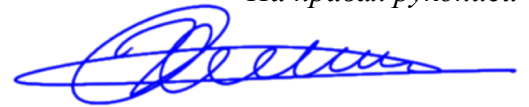


На правах рукописи



Хасанова Ксения Андреевна

**Лучевая диагностика врожденных пороков сердца у детей до года
и младшей возрастной группы**

3.1.25. Лучевая диагностика

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора медицинский наук

Москва – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

Научный консультант:
академик РАН, профессор,
доктор медицинских наук

Терновой Сергей Константинович

Официальные оппоненты:

Юрпольская Людмила Анатольевна – доктор медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, отделение рентгенодиагностики, компьютерной и магнитно-резонансной томографии, ведущий научный сотрудник

Ильина Наталья Александровна – доктор медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра лучевой диагностики, профессор кафедры

Зяблова Елена Игоревна – доктор медицинских наук, доцент, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Научно-исследовательский институт - Краевая клиническая больница № 1 имени профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края, рентгеновское отделение, заведующая отделением

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «10» сентября 2025 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.00.22 на базе ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, г. Москва, ул. Большая Пироговская, д. 6, стр. 1

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной учебной библиотеке ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д.37/1 и на сайте организации: www.sechenov.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат медицинских наук, доцент

Павлова Ольга Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Значимость проблемы врожденных пороков сердца (ВПС) для педиатрической популяции и детского здравоохранения объясняется сохраняющимися высокими показателями младенческой смертности с преобладанием летальных исходов в неонатальном периоде и тенденцией к формированию тяжелых хронических заболеваний в более старшем возрасте (Бокерия Е.Л., 2019). На долю ВПС приходится до 50% от числа всех врожденных аномалий развития (Деев И.А., Кобякова О.С., 2023). В 2022 г. в России. 46 тыс. детей родились с аномалиями развития сердца и магистральных сосудов, из них 1244 погибли в возрасте до года – показатель смертности 9,4 на 10 тыс. живорожденных (Росстат, 2023). Врожденные аномалии развития сердца и магистральных сосудов составляют 47% всех причин смерти от пороков развития: при естественном течении заболевания к концу 1-й недели жизни умирают 29% новорожденных, к 1-му месяцу – 42%, к 1-му году – 87% детей (Бокерия Е.Л., 2019).

Основную группу неонатальной смертности среди пациентов с ВПС составляют дети с критическими пороками, для которых характерно стремительное развитие тяжелого состояния за счет резкого дефицита сердечного выброса и, как следствие, быстро прогрессирующей сердечной недостаточности, приводящей к гипоксемии и нарушению функции жизненно важных органов (Бобылева Е.С. и др., 2020). Основную группу младенческой смертности от ВПС составляют дети со сложными пороками, составляющих четверть всех ВПС (Бокерия Е.Л., 2019).

До 5 тыс. пациентов, родившихся с ВПС, требуют проведения коррекции порока в первые сутки жизни, треть пациентов нуждается в хирургическом или эндоваскулярном вмешательстве в первый год жизни (Бобылева Е.С. и др., 2020, Бокерия Е.Л., 2019). Согласно источникам литературы, хирургическая коррекция ВПС в неонатальном периоде осуществляется только для 2–2,5 тыс. детей (L. Zühlke и др., 2019). Таким образом, дальнейшая оптимизация качества медицинской помощи детям с ВПС в значительной степени ассоциирована и направлена на совершенствование постнатальной диагностики врожденных сердечных аномалий.

Возможность оказания помощи детям с ВПС определяется выявляемостью патологии в первые сутки жизни и корректным предхирургическим планированием коррекции порока (Бокерия Е.Л., 2019). Очевидно, что успех лечения ребенка с ВПС зависит от качества диагностических подходов в первые дни жизни ребенка (Саперова Е.В. и др., 2017).

Степень разработанности темы исследования

Ведущими инструментами диагностики и предхирургического планирования коррекции ВПС остаются методы кардиовизуализации: трансторакальная эхокардиография (Эхо-КГ), компьютерная томография (КТ) сердца, магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца,

катетеризация полостей сердца с прямой ангиографией (АГ). Предпочтение отдается высокоточным, быстрым и безопасным инструментам, особенно для группы пациентов с критическими ВПС (Dillman J.R. и др., 2009, Ciancarella P. И др., 2020, Festa P., 2024).

Несмотря на широкий выбор и доступность современных методов кардиовизуализации, вопрос о преимуществах и недостатках каждого из них остается открытым. Кроме этого, сегодня отсутствуют унифицированные диагностические алгоритмы предоперационного ведения пациентов с некорригированными ВПС, регламентирующие показания для использования того или иного метода кардиовизуализации, исходя из его безопасности и показателей эффективности в определении всех паттернов порока и потенциальных хирургических рисков.

Трансторакальная Эхо-КГ остается скрининговой методикой в первичном выявлении всех типов ВПС (Клинические рекомендации по ведению детей с ВПС, 2024). При условии проведения исследования опытным врачом, Эхо-КГ заявляется рядом авторов как «золотой стандарт» диагностики и предоперационного планирования коррекции ВПС у детей, не требующий каких-либо дополнительных уточняющих инструментов визуализации (Sun Z. и др., 2015).

Несмотря на современные возможности трансторакальной Эхо-КГ в диагностике патологии сердечно-сосудистой системы, в обновленных клинических рекомендациях томографические методы кардиовизуализации рекомендуются в качестве уточняющих инструментов для большинства некорригированных ВПС. Согласно данным литературы, КТ и МРТ сердца имеют высокие показатели диагностической точности в выявлении разных типов врожденных сердечных аномалий – при этом разными авторами в равной степени сообщается как о необходимости, так и об избыточности их использования (Sameer D. и др., 2009, Li. A. и др., 2017, Kumar A. и др. 2023, Festa R. И др., 2024).

К основным ограничениям рутинного применения КТ в детской популяции все еще относят потенциальные риски от лучевой нагрузки (Rigsby C.K. и др., 2018, Shelly E. и др., 2023). Разработка низкодозовых протоколов с достижением низких экспозиционных доз у детей – это всегда поиск «золотой середины» между диагностической ценностью проводимого исследования и дозой облучения (Chen Y. и др. 2019, Tsai I.C. и др. 2013).

Основными ограничениями использования кардио-МРТ у детей является продолжительность исследования, ассоциированная с необходимостью пролонгации анестезиологического пособия, определяющей дополнительные риски от диагностической процедуры (Tsai, I.C и др., 2013). Кроме этого, технические сложности выполнения исследования на фоне высокой частоты сердечных сокращений (ЧСС) и отсутствие возможности выполнения

команд по задержке дыхания зачастую приводят к снижению эффективности методики (DiGeorge N.W. и др., 2020).

Методология проведения КТ и МРТ сердца у детей с некорригированными ВПС отличается и, как правило, базируется на опыте и предпочтениях конкретного лечебного учреждения. Несмотря на это, все авторы единодушны во мнении о сложности выполнения томографических исследований у детей в тяжелом состоянии, с изначально низкой массой тела, высокой ЧСС и анатомически сложными пороками, характеризующимися изменением нормальной сердечной, легочной и системной гемодинамики (Kim Y.J. и др., 2015, DiGeorge N.W. и др., 2020, Tang S. и др. 2021).

Таким образом, сегодня не определены параметры и критерии, на которые должен ориентироваться врач-рентгенолог при проведении томографических исследований детям с ВПС, не разработаны стандартизированные протоколы или рекомендации по методике выполнения исследований.

Из этого следует, что проблема диагностических подходов в ведении детей с некорригированными ВПС изучена недостаточно. На фоне широкодоступных кардиовизуализационных методик указанное выше определяет актуальность разработки диагностических стратегий, исходя из безопасности и эффективности каждого метода, что в свою очередь будет обеспечивать своевременность и повышать качество оказания медицинской помощи детям с некорригированными ВПС.

Цель и задачи исследования

Цель исследования: совершенствование лучевой диагностики врожденных пороков сердца у детей до года и младшей возрастной группы в рамках предоперационного планирования.

Задачи исследования:

1. Оптимизировать протокол компьютерной томографии сердца у детей с некорригированными врожденными пороками сердца для оценки анатомии интра- и экстракардиальных структур.
2. Оценить и сравнить эффективность компьютерной томографии сердца с и без синхронизации по сигналу электрокардиографии у детей в диагностике и предоперационном планировании коррекции врожденных пороков сердца.
3. Изучить возможности компьютерной томографии сердца с и без синхронизации по сигналу электрокардиографии в оценке анатомии коронарного русла у детей с врожденными пороками сердца на этапе подготовки к радикальной коррекции.

4. Изучить влияние параметров частоты сердечных сокращений, частоты дыхательных движений и показателя площади поверхности тела на возможность оценки анатомии коронарного русла у детей при проведении компьютерной томографии сердца.

5. Сравнить диагностическую эффективность методов кардиовизуализации (трансторакальной эхокардиографии, компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии сердца) в диагностике врожденных пороков сердца и оценке их анатомических особенностей у детей.

6. Определить возможности методов кардиовизуализации (трансторакальной эхокардиографии, компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии сердца) в диагностике сочетанных интра- и экстракардиальных аномалий, важных для планирования коррекции основного врожденного порока сердца.

7. Усовершенствовать диагностический алгоритм ведения детей с некорригированными врожденными пороками сердца на этапе предоперационного планирования.

Научная новизна

Работа является первым обобщающим исследованием, посвященным оценке и сравнению возможностей современных методов кардиовизуализации некорригированных ВПС у детей до года и младшей возрастной группы.

Впервые разработана методология проведения КТ сердца с и без синхронизации по сигналу электрокардиографии (ЭКГ) у детей с критическими и сложными ВПС.

Впервые определена диагностическая эффективность КТ сердца без использования ЭКГ-синхронизации как в диагностике ВПС, так и в оценке наличия сочетанных анатомических вариаций, являющихся потенциальными хирургическими рисками.

Изучены возможности КТ сердца как с, так и без ЭКГ-синхронизации в оценке сочетанных аномалий и нормальной анатомии коронарного русла у детей с ВПС.

Определена зависимость качества получаемых КТ-изображений коронарного русла у детей с ВПС в зависимости от персонифицированных параметров пациента: ЧСС, частота дыхательных движений (ЧДД) и площадь поверхности тела (ППТ).

Определены пороговые значения ЧСС, ЧДД и ППТ для получения КТ-изображений коронарного русла диагностического качества.

Проведена оценка и сравнение информативности трансторакальной Эхо-КГ, КТ и МРТ сердца в диагностике всех анатомических паттернов критических и сложных ВПС и в выявлении сочетанных интра- и экстракардиальных аномалий, важных для решения вопроса о хирургической стратегии коррекции основного порока.

Впервые на основании принципов доказательной медицины скорректированы диагностические алгоритмы ведения детей с некорригированными ВПС, исходя из эффективности, безопасности методов кардиовизуализации и общего состояния пациентов.

Теоретическая и практическая значимость работы

На основании выполненного анализа определено отсутствие единого подхода к диагностическим алгоритмам ведения детей с некорригированными ВПС на этапе предхирургического планирования.

Для практического применения создана и внедрена методология проведения КТ детям с критическими и сложными ВПС как с, так и без ЭКГ-синхронизации, позволяющая за одно введение контрастного препарата одновременно визуализировать все анатомические структуры сердца и магистральные сосуды большого и малого кругов кровообращения.

Определены преимущества и недостатки двух протоколов КТ сердца с и без ЭКГ-синхронизации у детей с некорригированными ВПС, что позволяет выбирать тот или иной метод томографии в зависимости от поставленных диагностических задач.

Изучены возможности синхронизированной и несинхронизированной по сигналу ЭКГ КТ сердца в оценке коронарного русла у детей с ВПС с определением оптимальных пороговых значений ЧСС, ЧДД и ППТ, определяющих выбор протокола томографии, исходя из персонализированных параметров пациента.

Полученные в ходе диссертационного исследования результаты оценки и сравнения эффективности трансторакальной Эхо-КГ, КТ и МРТ сердца способствовали формированию новых выводов о целесообразности использования кардиовизуализационных методик в диагностических предоперационных стратегиях ведения детей с критическими и сложными некорригированными ВПС. Разработаны единые алгоритмы рационального применения диагностических инструментов для каждого анатомического типа ВПС, исходя из показателей их информативности и тяжести состояния пациента.

Методология и методы исследования

Диссертационная работа выполнена на базе кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Сбор материала проведен на базе Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы».

Диссертация выполнена в рамках открытого исследования с использованием инструментальных, аналитических и статистических методов.

Для решения поставленных задач диссертационное исследование было проведено поэтапно. На первом этапе проанализирован обзор отечественных и зарубежных источников литературы (111 отечественных и 164 зарубежных), архивная величина большей части источников литературы не превышала пяти лет. На следующем этапе сформированы клинические группы пациентов с критическими и сложными ВПС, поступивших в стационар для дообследования и лечения в период с 2019 по 2025 гг.: всего 370 пациентов в возрасте от 0 до 3 лет. При поступлении всем пациентам выполнялась трансторакальная Эхо-КГ. На третьем этапе были сформированы группы пациентов, направляемых на проведение МРТ сердца. Далее, при невозможности проведения или недостаточной эффективности МРТ сердца, пациенты направлялись на проведение КТ сердца. Выбор протокола КТ с или без ЭКГ-синхронизации, а также методологии томографии исходили из диагностических задач и тяжести состояния пациентов. Данные Эхо-КГ, КТ и МРТ сердца сопоставлялись с результатами прямой АГ или интраоперационными данными/результатами аутопсии.

При завершении всех этапов диссертационного исследования проводилось обобщение всех результатов, выполнялась статистическая обработка полученных данных с последующим построением выводов, исходя из полученных результатов. Протокол проведения научного исследования был одобрен локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) No17-24 от 04.07.2024 г.

Положения, выносимые на защиту

1. Разработанный протокол КТ сердца, учитывающий локализацию планирования области интереса и порог для старта томографии, повышает качество получаемых изображений интра- и экстракардиальных структур и минимизирует необходимость повторного введения контрастного вещества детям с некорригированными ВПС.

2. Проведенный анализ эффективности двух протоколов томографии в предоперационном планировании коррекции ВПС определяет необходимость использования синхронизированного протокола у пациентов с гипоплазией легочно-артериального русла, кандидатов на проведение реимплантации коронарных артерий и инфундибулотомию выводного отдела правого желудочка в связи с достоверным преимуществом КТ сердца с ЭКГ-синхронизацией над протоколом без ЭКГ-синхронизации только в оценке анатомических вариаций коронарных артерий и функционального состояния аорто-легочных коллатеральных артерий.

3. Комплексный анализ данных Эхо-КГ, КТ и МРТ сердца у детей с некорригированными врожденными сердечными аномалиями играет ключевую роль в определении типа и анатомических особенностей порока, при этом КТ сердца является основным методом кардиовизуализации в определении хирургических факторов риска и сочетанных интра- и

экстракардиальных аномалий, важных для принятия решений о хирургической тактике ведения детей с критическими и комплексными ВПС.

4. Усовершенствованный диагностический алгоритм позволяет оптимизировать тактику ведения детей с некорригированными врожденными сердечными аномалиями и унифицировать подходы к использованию методов кардиовизуализации, исходя из показателей эффективности каждого из них в определении всех паттернов порока и сочетанных аномалий, играющих ключевую роль при планировании хирургических подходов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.25. Лучевая диагностика, пунктам 1 «Диагностика и мониторинг физиологических и патологических состояний, заболеваний, травм и пороков развития (в том числе внутриутробно) путем оценки качественных и количественных параметров, получаемых с помощью методов лучевой диагностики» и 3 «Определение информативности отдельных параметров (диагностических симптомов) и их сочетания (диагностических синдромов) для углубленного изучения этиологии, патогенеза, диагностики, эффективности лечения и исхода заболеваний, травм, патологических состояний и врожденных пороков развития (в том числе внутриутробно) с помощью методов лучевой диагностики» направлений исследований.

Степень достоверности и апробация результатов

В диссертационной работе теория построена на основе существующей доказательной базы о качестве и эффективности методов кардиовизуализации, применяемых у детей с некорригированными ВПС, в рамках предоперационного планирования в соответствии с современными регулирующими документами и рекомендациями, представленными в доступных источниках.

Материалы исследования представлены автором на передовых российских конференциях, в числе которых: XIX Конгресс Российского общества рентгенологов и радиологов (Москва, 8–10 ноября 2022 г.), IX Международный конгресс и школа для врачей «Кардиоторакальная радиология» (Москва, 25–26 марта 2022 г.), XVII Всероссийский национальный конгресс лучевых диагностов и терапевтов «Радиология 2023» (Москва, 30 мая – 1 июня 2023 г.), Второй Всероссийский съезд детских кардиохирургов (Волгоград, 7–9 сентября, 2023 г.), III Открытая конференция молодых ученых ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» (Москва, 27 апреля 2023 г.), XX Конгресс Российского общества рентгенологов и радиологов (Санкт-Петербург, 8–10 ноября 2023 г.), IX Московский Городской съезд педиатров с межрегиональным и международным участием «Трудный диагноз в педиатрии» (Москва, 4–6 октября 2023 г.), Третий Всероссийский съезд детских кардиохирургов (Казань, 5–7 сентября 2024 г.), XXI Конгресс Российского

общества рентгенологов и радиологов (Москва, 6–8 ноября 2024 г.), XIII Всероссийский конгресс «Детская кардиология 2024» (Москва, 5–7 декабря 2024 г.), XVI Международный конгресс «Невский радиологический форум 2025», (Санкт-Петербург, 10–12 апреля 2025 г.).

Апробация диссертационной работы проведена на заседании кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (протокол № 10 от 22 апреля 2025 года).

Внедрение результатов исследования в практику

Основные положения диссертационного исследования внедрены в практическую работу ГБУЗ «Морозовская ДГКБ ДЗМ», в учебный процесс кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Личный вклад автора

Основной объем работ на всех этапах диссертации автором выполнен лично: анализ источников литературы и подготовка обзора литературы, постановка цели и формулирование задач исследования, построение алгоритма исследования и определение методов, позволяющих решить поставленные задачи, разработка протокола томографии и его апробация, статистическая обработка полученных данных и их интерпретация, научное обоснование и обобщение полученных результатов, подготовка основных публикаций по теме диссертации, представление результатов исследования на конференциях. Доля личного участия в работах по теме исследования, опубликованных в соавторстве, составляет 90%; в публикациях использованы результаты собственных исследований. Автором лично осуществлено оформление автореферата и диссертации.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 18 печатных работ, в том числе 4 научных статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета / Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук; 10 статей в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus; 4 иные публикации.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 392 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследований, главы результатов собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы. Работа иллюстрирована 147

таблицами и 111 рисунками. Список литературы состоит из 275 источников, в том числе 164 на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Всего в исследование включено 370 детей: 225 мальчиков (61%) и 145 девочек (35%) – в возрасте от 1 дня до 3-х лет, направленных на обследование и лечение в отделения неотложной кардиохирургии и кардио-реанимации в ГБУЗ «Морозовская ДГКБ ДЗМ» с входящим клиническим диагнозом «Врожденный порок сердца» в период с декабря 2019 г. по январь 2025 г. Среди обследованных пациентов: 182 (49%) – дети периода новорожденности (до 28 дней), 150 (41%) – младенцы (от 28 дней до года), 38 детей (10%) – от года до 3-х лет.

Были проанализированы 3 группы ВПС (критические и сложные пороки), объединяющих разные типы сердечных аномалий.

1. Группа аномалий дуги аорты (Ао) – 154 пациента, включала в себя детей с коарктацией аорты (КоАо) и перерывом дуги Ао.

2. Группа пороков конотрункуса – 177 пациентов, включала в себя детей с тетрадой Фалло (ТФ), общим артериальным стволом (ОАС), атрезией легочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки (АЛЖ с ДМЖП), транспозицией магистральных артерий (ТМА) и двойное отхождение сосудов от правого желудочка (ДОСПЖ), включая аномалию Тауссиг-Бинга).

3. Группа врожденных аномалий легочного венозного возврата – 39 пациентов, включала в себя пациентов с частичным и тотальным аномальным дренажом легочных вен (ЧАДЛВ и ТАДЛВ).

Критерии включения:

1. Входящий клинический диагноз некорригированного ВПС из группы аномалий дуги аорты, пороков конотрункуса и аномального легочного венозного возврата.

2. Возраст до 3-х лет.

3. Наличие согласия на проведение КТ/МРТ исследований сердца, подписанное законным представителем пациента. В случае отсутствия законного представителя – выписка из протокола заседания врачебной комиссии с решением о необходимости проведения исследований по жизненным показаниям.

4. Наличие результатов прямой АГ и/или интраоперационных данных.

Критерии невключения пациентов в исследование:

1. Паллиативная или радикальная коррекция ВПС в анамнезе.

2. Критическое состояние пациента.
3. Отсутствие результатов прямой АГ и/или интраоперационных данных, результатов аутопсии.

Все пациенты обследовались по принятой в ГБУЗ «Морозовской ДГКБ ДЗМ» общеклинической схеме, которая до проведения томографических методов кардиовизуализации в рамках диагностического протокола включала в себя рутинное проведение ЭКГ в 12 отведениях, рентгенографию органов грудной клетки и трансторакальную Эхо-КГ для всех пациентов. В рамках предоперационного планирования томографические методы кардиовизуализации были выполнены 332 пациентам (90%), из них 325 – проводилась КТ сердца с контрастным усилением (88%), 36 – кардио-МРТ (10%), КТ и МРТ выполнялись 29 пациентам. Прямая АГ (диагностическая или в рамках эндоваскулярной коррекции порока) была выполнена 256 пациентам (69%).

КТ выполнялась на компьютерном томографе Brilliance iCT (Philips, Нидерланды): количество срезов – 256, время полного оборота гентри – 0,27 сек., количество рядов детекторов в матрице – 128, максимальное покрытие за один оборот гентри (ширина детектора) – 8 см. Исследования выполняли на фоне общей анестезии, в качестве контрастного вещества (КВ) применяли неионный низкоосмолярный контрастный препарат – Ультравист (Bayer Healthcare), концентрация йода – 370 мг/кг, активное вещество – Йопромид. Объем КВ зависел от веса пациента и составлял: 2 мл/кг для детей весом более 2 кг, и 3 мл/кг – весом менее 2 кг. Скорость устанавливалась таким образом, чтобы продолжительность введения КВ была равна суммарному времени транзитной задержки и продолжительности томографии. В случаях, когда скорость введения КВ ограничивалась диаметром периферического венозного катетера, тем самым увеличивая продолжительность введения препарата, – проводилось равнозначное увеличение времени транзитной задержки.

Таблица 1 – Показатели скорости введения контрастного препарата у пациентов разных возрастных групп

Возрастная группа	Скорость введения КВ, сек
Новорожденные	0,8 ± 0,2 сек.
Младенцы	1,7 ± 0,5 сек.
Дети младшей возрастной группы	2,75 ± 0,5 сек.

Спектр ВПС, с которыми пациенты были направлены на КТ сердца, представлен в Таблице 2.

Таблица 2 – ВПС, с которыми пациенты были направлены на проведение КТ сердца с контрастным усилением

ВПС	Количество	%
Основные группы пороков, n=337		
КоАо	137	40%
ТФ	70	21%
ДОСПЖ, включая аномалию Тауссиг-Бинга	31	9%
ТМА	26	8%
АЛА с ДМЖП	25	7%
ЧАДЛВ	22	6%
ТАДЛВ	12	4%
Перерыв дуги Ао	9	3%
ОАС	6	2%
Сопутствующие группы клинически значимых интра- и экстракардиальных аномалий, n=445		
ОАП	114	26%
Дополнительные ДМЖП	65	15%
ДМПП	58	13%
БАЛКА	52	12%
Аномалии системного венозного возврата	39	9%
Аномалии ЛА	28	6%
Аномалии КА	23	5%
Правая дуга Ао	22	5%
Стенозы БАЛКА	18	4%
Аномалии брахиоцефальных артерий	12	3%
Аберрантная подключичная артерия	14	2%
Всего аномалий	782	

Для унификации техники КТ с- и без использования ЭКГ-синхронизации были использованы разные методики проведения автоматического отслеживания болюса, – с различными пороговыми значениями триггера и локализацией мониторинга: на область левого предсердия (ЛП), правого желудочка (ПЖ) и нисходящую Ао. Разработка протокола проведения томографии проводилась отдельно для двух групп пациентов, которые проходили исследование с и без ЭКГ-синхронизации.

В зависимости от области планирования было проанализировано 3 группы пациентов, в каждой из которых в зависимости от величины порогового значения программы автоматического отслеживания болюса было выделено по 3 подгруппы. Итого было сформировано 18 групп пациентов: 9 – для протокола с ЭКГ-синхронизацией и 9 – для протокола без ЭКГ-синхронизации.

В двух протоколах КТ сердца при планировании «болюс-трекера» на полость ПЖ оценивались пороговые значения программы отслеживания болюса диапазонами величин: а) 80-100 HU б) 120-150 HU в) 180-200 HU, группы 1a, 1b, 1c – соответственно. При планировании «болюс-трекера» на полость ЛП оценивались пороговые значения программы отслеживания

болюса диапазонами величин: а) 60 HU б) 80-100 HU в) 120-150 HU, группы 2a, 2b, 2c – соответственно. При планировании «болюс-трекера» на нАо оценивались пороговые значения программы отслеживания болюса диапазонами величин: а) 100-120 HU б) 150-160HU в) 120-150HU, группы 3a, 3b и 3c – соответственно (Таблицы 3-4).

Оценка качества получаемых изображений проводилась по шкале баллов в зависимости достижения целевой плотности (350 HU) в областях интереса, где

- 1 балл – неудовлетворительное качество изображений (целевая плотность контрастирования в правых или левых отделах сердца не достигнута);
- 2 балла – хорошее качество изображений (целевая плотность контрастирования достигнута в правых и левых отделах сердца, однако равновесная фаза не получена);
- 3 балла – отличное качество изображений (получена равновесная фаза контрастирования в камерах и магистральных сосудах сердца);

Таблица 3 – Распределение пациентов в группах при использовании КТ протокола с ЭКГ-синхронизацией

Параметр	Планирование на ПЖ			Планирование на ЛП			Планирование на нАо		
	1a	2a	3a	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Группы									
Порог старта томографии, HU	80–100	120–150	180–200	60	80–100	120–150	100–120	150–160	180–200
Объем выборки в группах	10	21	16	10	24	17	34	44	14
Общий объем выборки	47			52			92		
Примечание: нАо – нисходящая аорта									

Таблица 4 – Распределение пациентов в группах при использовании КТ протокола без ЭКГ-синхронизации

Параметр	Планирование на ПЖ			Планирование на ЛП			Планирование на нАо		
	1a	2a	3a	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Группы									
Порог старта томографии, HU	80–100	120–150	180–200	60	80–100	120–150	100–120	150–160	180–200
Объем выборки в группах	12	20	9	9	18	11	16	12	10
Общий объем выборки	41			38			38		

Анализ возможностей двух протоколов томографии в оценке коронарного русла проводился с помощью визуальной шкалы качества изображений тех сегментов коронарных артерий (КА), анатомия которых имеет принципиальное значение для хирургического планирования радикальной коррекции ВПС:

- правая коронарная артерия (пКА) – устье и проксимальный сегмент;
- левая коронарная артерия (лКА) – устье;
- передняя нисходящая артерия – проксимальный сегмент;
- огибающая артерия (ОА) – проксимальный сегмент.

Сегменты КА разделялись визуально по длине (1/3 от всей длины для пКА или передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ), 1/2 от всей длины ОА). Все полученные изображения сегментов и устьев КА оценивались по качеству от 1 до 5 (Таблица 5).

Таблица 5 – Шкала оценки качества изображений КА

1 балл	Сегмент/устье КА не визуализируется (изображение недиагностического качества)
2 балла	Сегмент/устье КА визуализируется со значительными артефактами (изображение недиагностического качества)
3 балла	Сегмент/устье КА визуализируется с наличием артефактов, однако оценка анатомической структуры возможна – удовлетворительное качество изображения
4 балла	Сегмент/устье КА визуализируется с минимальными артефактами – хорошее качество изображения
5 баллов	Сегмент/устье КА визуализируется без артефактов – отличное качество изображения

В группу пациентов, обследованных с помощью МРТ, вошло 36 детей, из них 20 пациентов (56%) – периода новорожденности, 14 младенцев (39%) и двое детей младшей возрастной группы (5%). У 24 пациентов (66%) МРТ выполнялась на фоне внутривенного контрастирования. Все исследования на МРТ были выполнены по направлению лечащего врача для уточнения анатомии порока и диагностики сопутствующей интра- и экстракардиальной патологии. Спектр ВПС, с которыми пациенты были направлены на МРТ сердца, представлен в Таблице 6.

Таблица 6 – ВПС, с которыми пациенты были направлены на проведение МРТ сердца

ВПС	Количество	%
Основные группы аномалий, n=36		
КоАо	15	42%
ТФ	14	39%
ДОСПЖ	7	19%
Сопутствующие группы клинически значимых интра- и экстракардиальных аномалий, n=39		
Дополнительные ДМЖП	9	23%
ОАП	12	31%
БАЛКА	6	15%
ДМПП	4	10%
Аномалии ЛА	4	10%
Аберрантная подключичная артерия	2	5%
Аномалии системного венозного возврата	1	3%
Аномалии брахиоцефальных артерий	1	3%
Всего аномалий	75	

Кардио-МРТ проводили на сверхпроводящем МР-томографе с напряжённостью магнитного поля 1,5 Тесла Ingenia (Philips, Нидерланды) с синхронизацией по сигналу ЭКГ и триггерной синхронизацией по дыханию. Для новорожденных и младенцев использовали поверхностную радиочастотную головную катушку, для пациентов младшей возрастной группы – брюшную катушку.

Спектр импульсных последовательностей выбирался в зависимости от поставленных клинических задач и общего состояния пациента с целью сокращения продолжительности исследования и получения диагностической информации за максимально короткое время.

Для проведения исследования с внутривенным контрастированием использовался неионный парамагнитный контрастный препарат на основе гадолиния – Гадовист (Bayer Healthcare) в объёме из расчета 0,1 ммоль на 1 кг массы тела. Пациентам весом менее 5 кг контрастное исследование не проводилось. Протокол стандартной части МР-исследования отражен в Таблице 7.

Таблица 7 – Стандартный протокол МРТ сердца применявшийся в исследовании

Импульсная последовательность	Плоскость томографии	Толщина среза, мм
Survey (топограмма), «градиентное-эхо»	Аксиальная, коронарная, сагиттальная	4
«3D BTFE Whole Heart» (последовательность «градиентное-эхо»)	Аксиальная	2–4
«Black Blood inversion pulse» (последовательность «спин-эхо»)	Аксиальная, коронарная, сагиттальная	4
3D BFFE Whole Heart (контрастная АГ)	Аксиальная	2–4

Поле изображения и количество срезов для каждого пациента устанавливались в зависимости от конституциональных особенностей и размеров грудной клетки. Для получения основных последовательностей («3D BTFE Whole Heart», «Black Blood inversion pulse» и контрастных серий) использовалась проспективная ЭКГ-синхронизация. Для большинства пациентов стандартный протокол МРТ дополнялся кино-последовательностями (BTFE cine) по 2- и 4-камерной длиной и короткой осям и дополнительно в плоскостях областей интереса в зависимости от типа ВПС и поставленной диагностической задачи. Для кино-МРТ использовалась ретроспективная синхронизация по сигналу ЭКГ.

При оценке полученных изображений, для оценки и сравнения возможностей методов кардиовизуализации руководствовались общепринятым посегментным анализом, который предполагает поэтапное изучение висцерального situs и всех сердечных сегментов: предсердного сегмента, предсердно-желудочкового соединения, желудочкового сегмента,

вентрикуло-артериального соединения и артериального сегмента.

Для всех ВПС также проводилась оценка дополнительных специфических критериев и параметров, играющих принципиальное значение в определении тактики ведения пациентов и построения дальнейших прогнозов.

Все полученные в ходе исследования диагностические результаты сопоставлялись с данными прямой АГ и/или интраоперационными данными, в случае летального исхода – с результатами аутопсии.

Результаты исследования и их обсуждение

Разработка протокола компьютерной томографии сердца

При планировании болюс-трекера **на полость ПЖ** средние значения плотностей контрастирования желудочков и магистральных сосудов сердца статистически значимо отличались во всех трех группах ($p < 0,05$) как при проведении исследования с ЭКГ-синхронизацией, так и без нее (Таблицы 8-9).

Таблица 8 – Средние показатели плотности контрастирования в группах планирования ROI на без ЭКГ-синхронизации полости ПЖ при использовании протокола без ЭКГ-синхронизации

	Планирование на полость ПЖ					
	Группа – 1a (80–100 HU)	p-value	Группа – 1b (120–150 HU)	p-value	Группа – 1c (180–200 HU)	p-value
ЛЖ	398,1±71,1 HU	0,0012	541±78,1HU	0,022	611,9±7,2 HU	0,0134
ПЖ	701,2±33,3 HU		681,1±41,1 HU		411,6±39,2 HU	
Ао	412,1±19,5 HU	0,0017	569±44,1 HU	0,017	639,3±54,4 HU	0,0128
ЛА	767,1±25,1 HU		701,5±33,7 HU		413,2±16,7 HU	

Примечание: ROI – region of interest

Таблица 9 – Показатели плотности контрастирования в группах планирования ROI на полость ПЖ при использовании протокола с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией

	Планирование на полость ПЖ					
	Группа – 1a (80–100 HU)	p-value	Группа – 1b (120–150 HU)	p-value	Группа – 1c (180–200 HU)	p-value
ЛЖ	409,2±34,1 HU	0,0001	434±67,3 HU	0,0024	571,1±46,6 HU	0,0013
ПЖ	797,2±12,3 HU		613,2±34,56 HU		466,9±25,1 HU	
Ао	400,1±69,8 HU	0,0013	418±39,1 HU	0,0021	641,7±19,1 HU	0,0001
ЛА	782,3±34,7 HU		581,1±62,1 HU		463,9±54,3 HU	

При планировании болюс-трекера **на полость ЛП** среднее значение плотностей контрастирования в желудочках и магистральных сосудах статистически значимо отличались во всех группах при использовании протокола без ЭКГ-синхронизации. При проведении исследования с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией среднее значение плотностей

статистически значимо отличались в группах 2а и 2с. В группе 2b (пороговое значение программы отслеживания болюса 80–100 HU) статистически значимой разницы между средними показателями плотностей в ПЖ и ЛЖ, а также в Ао и ЛА получено не было ($p=0,041$ и $0,038$ соответственно) (Таблицы 10-11).

Таблица 10 – Средние показатели плотности контрастирования в группах планирования ROI на полость ЛП при использовании протокола без ЭКГ-синхронизации

	Планирование на полость ЛП					
	Группа – 2а (60 HU)	p-value	Группа – 2b (80–100 HU)	p-value	Группа – 2с (120–150 HU)	p-value
ЛЖ	328,1±21,7 HU	0,0204	619±44,1 HU	0,041	711,1±17,1 HU	0,006
ПЖ	587,2±44,6 HU		540,0±61,1 HU		491,1±31,2 HU	
Ао	369,9±30,5 HU	0,0321	653,1±22,6 HU	0,049	701,9±61,8 HU	0,006
ЛА	513,4±81,1 HU		551,9±71,2 HU		579,1±59,9 HU	

Таблица 11 – Средние показатели плотности контрастирования в группах планирования ROI на полость ЛП при использовании протокола с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией

	Планирование на полость ЛП					
	Группа – 2а (60 HU)	p-value	Группа – 2b (80–100 HU)	p-value	Группа – 2с (120–150 HU)	p-value
ЛЖ	434,1±17,2 HU	0,0018	594±67,3 HU	0,097	675,4±37,6 HU	< 0,001
ПЖ	613,2±74,2 HU		513,1±34,56 HU		396,8±34,3 HU	
Ао	401,7±19,9 HU	0,0021	578,5±39,1 HU	0,138	634,1±59,2 HU	< 0,001
ЛА	691,8±62,1 HU		519,1±62,1 HU		311,6±24,1 HU	

При использовании обоих протоколов томографии при планировании болюс-трекера **на нисходящую Ао** среднее значение плотностей контрастирования в желудочках и магистральных сосудах статистически значимо отличалось в группах 3а (величина порогового значения старта томографии 100–120 HU) и 3б (величина порогового значения старта томографии 150–160 HU), и не отличалась при пороговом значении 180–200 HU (Таблицы 12-13).

Таблица 12 – Средние показатели плотности контрастирования в группах планирования ROI на нисходящую Ао при использовании протокола без ЭКГ-синхронизации

	Планирование на нисходящую Ао					
	Группа – 3а (100–120 HU)	p-value	Группа – 3б (150–160 HU)	p-value	Группа – 3с (180–200 HU)	p-value
ЛЖ	501,2±35,6 HU	0,082	678±67,4 HU	0,011	368,9±11,8	0,081
ПЖ	698,2±84,4 HU		511,8±43,1 HU		341,7±24,7	
Ао	531,2±58,4 HU	0,0047	724,3±19,8 HU	0,018	374,4±24,1	0,115
ЛА	687,4±91,1 HU		491,1±24,7 HU		381,7±33,1	

Таблица 13 – Средние показатели плотности контрастирования в группах планирования ROI на нисходящую Ao при использовании протокола с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией

	Планирование на нисходящую Ao					
	Группа – 3a (100-120 HU)	p-value	Группа – 3b (150-160 HU)	p-value	Группа – 2c (120-150 HU)	p-value
ЛЖ	535,3±39,2 HU	0,071	639±24,1 HU	0,0312	345,4±14,3	0,167
ПЖ	718,1±23,7 HU		491,3±27,4 HU		317±18,2	
Ао	509±33,4 HU	0,023	781,1±56,9 HU	0,019	311,1±31,6	0,089
ЛА	727,1±57,2 HU		504,2±61,3 HU		329±17,2	

Наибольшее количество диагностических изображений и наименьшее количество неудовлетворительных баллов оценки качества в обоих протоколах КТ (как с, так и без ЭКГ-синхронизации) было у пациентов групп 1b (ROI на полость ПЖ, порог 120-150 HU), 2b (ROI на полость ЛП, порог 80-100 HU) и 3b (ROI на нисходящую АО, порог 150-160 HU).

Для протокола с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией были определены статистически значимые различия качества изображений между тремя областями планирования ROI, где использование протокола с расположением болюс-трекера на полости ЛП с пороговым значением плотности 80–100 HU (группа 2b) демонстрировало достоверно более эффективные результаты в получении равновесной фазы контрастирования сердца у детей в сравнении с планированием ROI на полость ПЖ или нисходящую Ao.

Сравнение качества получаемых изображений между группами планирования ROI на полость ПЖ и Ao продемонстрировало достоверно лучшие показатели для группы мониторинга старта томографии на полость ПЖ (Таблица 14).

Таблица 14 – Сравнение качества изображений при планировании ROI на полость ПЖ, ЛП и нисходящую Ao при использовании протокола с ЭКГ-синхронизацией

Баллы	ПЖ 120–150 HU	ЛП 80–100 HU	Ао 150–160 HU
1	0	0	2
2	15	5	7
3	5	13	3
Различия между группами (Критерий χ^2 Пирсона)	ПЖ vs. ЛП	ЛП vs. Ао	Ао vs. ПЖ
	0,0016	<0,001	0,0331

Для протокола без ЭКГ-синхронизации также были определены статистически значимые различия качества изображений между тремя областями планирования ROI, где использование протокола с расположением болюс-трекера на полость ЛП с пороговым значением 80–100 HU демонстрировало более эффективные результаты в получении равновесной фазы контрастирования в сравнении с планированием ROI на полость ПЖ или нисходящую Ao.

Сравнение качества получаемых изображений между группами планирования ROI на полость ПЖ и Ao продемонстрировало достоверно лучшие показатели для группы мониторинга старта томографии на полость ПЖ (Таблица 15).

Таблица 15 – Сравнение качества изображений при планировании ROI на полость ПЖ, ЛП и нисходящую Ao при использовании протокола без ЭКГ-синхронизации

Баллы	ПЖ 120–150 HU	ЛП 80–100 HU	Ao 150–160 HU
1	0	0	5
2	17	10	32
3	6	14	9
Различия между группами (Критерий χ^2 Пирсона)	ПЖ vs. ЛП	ЛП vs. Ao	Ao vs. ПЖ
	0,0041	<0,001	0,007

Результаты оценки возможностей компьютерной томографии сердца с и без ЭКГ-синхронизации в диагностике и предоперационном планировании врожденных пороков сердца

КТ сердца без ЭКГ-синхронизации была проведена 190 детям (58%), с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией – 135 детям (42%). У 325 пациентов определено 337 основных ВПС и 445 сочетанных интра- и экстракардиальных аномалий – всего 782 аномалии (Таблица 16).

Таблица 16 – ВПС, с которыми пациентам выполнялась КТ сердца с и без ЭКГ-синхронизации

	КТ с ЭКГ-синхронизацией	КТ без ЭКГ-синхронизации	Всего аномалий
Основные клинические группы ВПС			
КоAo	37	100	137
Перерыв дуги Ao	5	4	9
ТФ	31	39	70
АЛА с ДМЖП	15	10	25
ТМА	16	10	26
ДОСПЖ + аномалия Тауссиг-Бинга	18	13	31
ОАС	4	2	6
ЧАДЛВ	7	15	22
ТАДЛВ	4	8	12
Всего	137	201	338
Сопутствующие клинически значимые интра- и экстракардиальные аномалии			
Аберрантная подключичная артерия	5	9	14
ОАП	50	64	114
Праволежащая дуга Ao	10	12	22
Аномалии БЦА	5	7	12
БАЛКА	33	19	52
Стенозы БАЛКА	10	8	18
ДМЖП	39	26	65

Межгрупповое сравнение возможностей КТ сердца с и без ЭКГ-синхронизации в диагностике типа ВПС и сочетанных аномалий проводилось при условии наличия вариаций в полученных результатах. При сравнении возможностей двух протоколов КТ сердца в определении типа ВПС статистически значимой разницы в показателях эффективности получено не было (Таблица 17).

Таблица 17 – Сравнение возможностей протоколов КТ сердца определении типа ВПС

Тип ВПС	КТ без ЭКГ-синхронизации	КТ с ЭКГ-синхронизацией	p-value
	точность		
Коарктация Ао	99,8%	99,5%	0,893
Перерыв дуги Ао	100%	100%	NGV*
ТФ	98%	99,2%	0,887
АЛА с ДМЖП	100%	100%	NGV*
ТМА	100%	100%	NGV*
ДОСПЖ+аномалия Тауссиг-Бинга	98%	99,2%	0,914
ЧАДЛВ	100%	100%	NGV*
ТАДЛВ	100%	100%	NGV*

* No group variations (отсутствие вариаций в группах)

Анализ возможностей КТ с и без ЭКГ-синхронизации в диагностике сочетанных аномалий показал статистически значимое преимущество синхронизированного протокола в определении аномалий КА и в оценке функционального состояния больших аорто-легочных коллатеральных артерий (БАЛКА). В диагностике всех иных сочетанных аномалий значимой разницы в эффективности двух протоколов КТ определено не было (Таблица 18).

Таблица 18 – Сравнение возможностей протоколов КТ сердца определении сочетанных аномалий

Тип аномалии	КТ без ЭКГ-синхронизации	КТ с ЭКГ-синхронизацией	p-value
	точность		
ОАП	98%	97,7%	0,874
БАЛКА	98,5%	98,4%	0,497
стенозы БАЛКА	74%	89,3%	0,049
Септальные дефекты	95,1%	96,5%	> 0,05
аномалии КА	92%	98,1%	0,026

Таким образом, детям с патологией дуги Ао, ОАС, аномалиями системного и легочного венозного возврата при планировании хирургической или эндоваскулярной коррекции рекомендовано проведение КТ сердца без ЭКГ-синхронизации. В иных случаях: при наличии гипоплазии легочно-артериального русла и потенциальным наличием аорто-легочных

коллатералей, а также перед проведением реимплантации КА и инфундибулотомии выводного отдела правого желудочка (ВОПЖ) (при пороках конотрункуса) КТ сердца должна проводиться с использованием ЭКГ-синхронизации.

Возможности компьютерной томографии сердца в оценке анатомии коронарного русла у детей с врожденными пороками сердца

Оценка возможностей двух протоколов КТ сердца в определении анатомии КА проводилась для изображений с целевой плотностью левых отделов сердца и Ао. Также из анализа исключались пациенты с наличием сочетанных аномалий КА (как устьевых, так и аномалий следования). Таким образом из группы с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией анализировалось 112 исследований (112/135, 83%), а из группы без ЭКГ-синхронизации 164 исследования (164/190, 86%).

У пациентов **периода новорожденности** при использовании обоих протоколов томографии показатели эффективности в определении анатомии коронарного русла были невысокими: лКА определялась в 68% случаев при использовании протокола с ЭКГ-синхронизацией и в 54% при сканировании без синхронизации ($p=0,379$). В определении ПМЖВ и ОА обе методики также имели относительно равнозначно невысокие возможности визуализации: ПМЖВ определялась в 54% при проведении КТ с ЭКГ-синхронизацией, в 46% – без нее; ОА определялась в 17% при использовании протокола с синхронизацией, 11% для протокола без синхронизации. Устье и проксимальные отделы пКА статистически значимо лучше визуализировались при проведении КТ с синхронизацией, хотя процент выявляемости оставался невысоким – 46% и 29% соответственно. Средние отделы пКА у новорожденных определялись в 12% по КТ с ЭКГ-синхронизацией и в 10% при использовании несинхронизированного протокола без достоверной разницы в эффективности ($p=0,599$).

У **младенцев** протокол КТ с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией был достоверно более эффективен в оценке всего коронарного русла кроме средних отделов пКА: устье и проксимальный сегмент пКА определялись в 73% и в 50% случаев, соответственно, против 15% и 11% соответственно, при проведении КТ без синхронизации по ЭКГ. Визуализация устья лКА и ПМЖВ при использовании синхронизированного протокола была возможна у большинства пациентов (96%), ОА определялась у 43% пациентов. КТ без синхронизации позволяла оценить анатомию лКА и ПМЖВ у большинства пациентов – 83%, ОА только у 20% детей.

У пациентов **младшей возрастной группы** аналогично группе новорожденных возможности двух протоколов КТ сердца достоверно не отличались в определении лКА и ее ветвей: лКА и ПМЖВ при проведении КТ с ЭКГ-синхронизацией визуализировались у 93% пациентов каждая, при использовании несинхронизированного протокола в 88% и 81%

соответственно. В определении устья и проксимального сегмента пКА протокол с синхронизацией по ЭКГ был достоверно более эффективен: было определено 11 устьев пКА (11/15, 73%) и 9 проксимальных сегментов пКА (9/15, 60%). Сводная информация по количеству определяемых сосудов в каждой возрастной группе и межгрупповые сравнения эффективности отражены в Таблице 19.

Таблица 19 – Эффективность протоколов КТ в оценке посегментной анатомии коронарного русла у детей разных возрастных групп

Счет количества видимых сосудов по возрастам		пКА			лКА		
		Устье	Проксимальный отдел	Средний отдел	Устье	ПМЖВ	ОА
< 28 д	Синхронизация (n=41)	19	12	5	26	22	7
	Без синхронизации (n=57)	14	11	6	31	26	6
	Межгрупповые сравнения	0,0025	0,0149	0,5992	0,379	0,1371	0,45
< 1 г	Синхронизация (n=56)	41	28	4	54	53	24
	Без синхронизации (n=81)	12	9	2	67	51	16
	Межгрупповые сравнения	0,0000	0,0000	0,1116	0,001	0,0000	0,0009
> 1 г	Синхронизация (n=15)	11	9	2	14	14	11
	Без синхронизации (n=26)	6	6	1	23	21	13
	Межгрупповые сравнения	0,002	0,031	0,9475	0,496	0,268	0,393

Таким образом, протокол с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией показал себя более эффективным в сравнении с синхронизированным протоколом в определении анатомии пКА для пациентов всех возрастных групп. Возможность определения лКА и ее ветвей была ограничена независимо от используемого протокола томографии для группы новорожденных, без достоверной разницы в эффективности; для пациентов младшей возрастной группы определение анатомии лКА было равнозначно возможно, как при проведении КТ с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией, так и без нее.

Влияние частоты сердечных сокращений, частоты дыхательных движений, площади поверхности тела на возможность оценки анатомии коронарного русла у детей при проведении компьютерной томографии сердца

В группе пациентов, которым выполнялась КТ сердца с и без ЭКГ-синхронизации была определена высокая статистическая значимость корреляционной модели ($<0,05$) для параметра ЧСС в визуализации всех сегментов КА.

При использовании синхронизированного протокола параметр ЧДД влиял на в оценку всех КА, кроме проксимального и среднего сегмента пКА, параметр ППТ – на оценку ствола лКА и устья пКА; в группе пациентов, которым выполнялась КТ без ЭКГ-синхронизации, на параметр ЧДД демонстрировал статистическую значимость корреляционной модели только для лКА и ее ветвей; ППТ – только для лКА ($<0,05$).

Сравнительный анализ пороговых значений ЧСС для двух протоколов КТ показал, что визуализация всех сегментов КА при проведении исследования с ЭКГ-синхронизацией возможна на более высоких параметрах ЧСС: $129,2 \pm 4,4$ уд/мин в сравнении с несинхронизированным протоколом – $118,3 \pm 5,2$ уд/мин ($p=0,002$), в среднем на $10,8 \pm 2,23$ уд/мин выше (Рисунок 1).

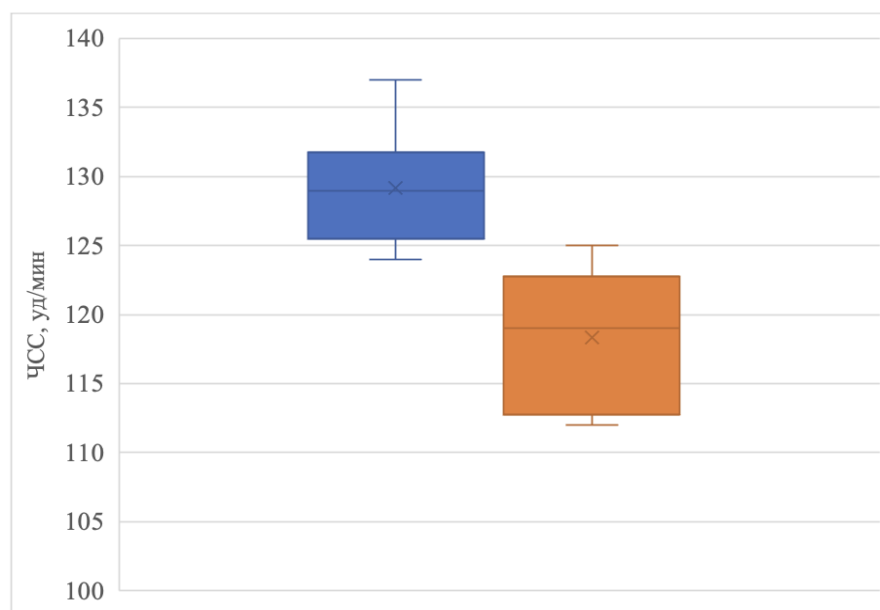


Рисунок 1 – Диаграмма, демонстрирующая пороговые значения ЧСС при использовании протокола с (синий столбец) и без ЭКГ-синхронизации (оранжевый столбец), при которых качество изображений коронарного русла было диагностическим

Сравнительный анализ пороговых значений ЧДД для двух протоколов КТ проводился только для тех артерий коронарного русла, для которых были установлены статистически значимые различия в группах с диагностическими и недиагностическими изображениями, таким образом, сравнение проводилось только в получении оптимальных изображений ствола лКА и ее ветвей (ОА и ПМЖВ). Средние показатели пороговых значений ЧДД для оценки артерий

коронарного русла при проведении КТ сердца с ЭКГ-синхронизацией $36,6 \pm 0,6$ вдохов в минуту; при использовании несинхронизированного протокола – $35,5 \pm 1,1$ вдохов в минуту ($p=0,371$).

Сравнительный анализ пороговых значений ППТ двух протоколов КТ проводился только для устьевых сегментов КА: устье пКА и ствол лКА, так как было доказано достоверное влияние параметра на возможность их визуализации. Определено, что получение диагностических изображений лКА и устья пКА возможно у детей с более низкой ППТ при использовании протокола с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией – $0,3 \pm 0,08$ в сравнении со средними показателями ППТ при использовании протокола без ЭКГ-синхронизации – $0,32 \pm 0,03$ ($p=0,071$).

Возможности методов кардиовизуализации в постановке диагноза и определении анатомических особенностей врожденных пороков сердца у детей

КоАо (n=145, 39%). В рамках предоперационного планирования 136 детям была выполнена КТ сердца, 15 – кардио-МРТ. В диагностике сегментарного сужения перешейка Ао все три метода показали себя высоко информативными (Таблица 21). При попарном сравнении точности методов кардиовизуализации в выявлении локального сужения Ао статистически значимых различий получено не было ($p>0,05$).

Таблица 21 – Показатели эффективности Эхо-КГ, КТ и МРТ сердца в диагностике КоАо

Метод визуализации	Чувствительность	Специфичность	Точность	AUC
Эхо-КГ	95,1 %	98,3%	98%	0,97
КТ сердца	100%	99%	99,5%	0,99
МРТ сердца	100 %	85,7%	91,6%	0,92

Перерыв дуги Ао (n=9, 3%). Всем пациентам выполнялись трансторакальная Эхо-КГ и КТ сердца. Кардио-МРТ в группе пациентов с перерывом дуги Ао не проводилась.

Диагностическая эффективность трансторакальной Эхо-КГ в диагностике перерыва дуги Ао: чувствительность – 88,9%, специфичность – 99,7% и точность – 99,4% соответственно (AUC = 0,94). У 3 из 9 пациентов по результатам Эхо-КГ был неверно определен тип перерыва дуги Ао: во всех случаях некорректно диагностирован тип «А» при истинном типе «В». Точность Эхо-КГ в определении типа перерыва дуги Ао составила 33,3%. Все случаи перерыва дуги Ао и определения его типа были корректно диагностированы по КТ. При сравнении возможностей методов кардиовизуализации в диагностике перерыва дуги Ао статистически значимой разницы точности получено не было ($p=0,158$), однако была установлена более высокая информативность КТ в определении анатомического типа перерыва дуги Ао в сравнении с трансторакальной Эхо-КГ ($p=0,015$).

АЛА с ДМЖП (n=25, 6%). Трансторакальная ЭХО-КГ и КТ сердца выполнялись всем пациентам. Кардио-МРТ в группе пациентов с АЛА с ДМЖП не выполнялась.

Чувствительность, специфичность и точность ЭХО-КГ в диагностике АЛА: 96 %, 100%, 99,4% соответственно. Чувствительность и специфичность трансторакальной Эхо-КГ в определении АЛА 1-го типа составили 86,6% и 83,3% соответственно, точность 85,1 %; в корректном определении АЛА 2 типа составили 71,4% и 90% соответственно, точность 85,1%. АЛА 3 типа с помощью трансторакальной Эхо-КГ не была корректно определена ни в одном из случаев. Всем пациентам с АЛА с ДМЖП с помощью КТ сердца диагноз был установлен корректно: чувствительность 100%, специфичность 99,4%, точность 99,7% (AUC 0,99). Один ЛП результат был у пациента с ТФ с выраженной гипоплазией ЛА. В определении типа АЛА по данным КТ сердца также не было получено ошибочных результатов (AUC 1,00).

Оба метода продемонстрировали высокую эффективность в постановке диагноза АЛА с ДМЖП ($p=0,825$), однако при сравнительном анализе точности методов кардиовизуализации в определении типа АЛА трансторакальная Эхо-КГ статистически значимо уступала КТ сердца ($p<0,0001$).

ТФ (n=75, 20%). После проведения всем пациентам трансторакальной Эхо-КГ, 70 детям была выполнена КТ сердца, 14 – кардио-МРТ.

Чувствительность, специфичность и точность ЭХО-КГ в диагностике ТФ: 96% 99,6%, 97,8%. Оценка степени развития легочно-артериального русла на уровне проксимальных отделов по Эхо-КГ проводилась у всех пациентов с ТФ: полученные результаты не имели достоверной разницы с прямой АГ ($p>0,05$). Возможность измерения диаметров дистальных отделов ЛА и расчет индексов Nakata и McGoop по Эхо-КГ были у 48% пациентов: в сравнении с прямой АГ трансторакальная Эхо-КГ достоверно занижала диаметры дистальных отделов ЛА и индексированные показатели ($p<0,05$).

Чувствительность, специфичность и точность КТ в диагностике ТФ: 94,2%, 99,6%, и 97% соответственно. Показатели диагностической эффективности МРТ сердца в диагностике ТФ: чувствительность – 92,3%, специфичность – 95,4%, точность – 94,2% (AUC = 0,93). При использовании томографических методов кардиовизуализации оценка диаметров легочного ствола и легочных артерий (ЛА), как на проксимальном, так и на дистальном уровнях, была выполнена для всех пациентов: при сравнении результатов морфометрии системы ЛА и рассчитанных по КТ и по МРТ индексированных показателей Nakata и McGoop достоверной разницы с данными прямой АГ определено не было ($p>0,05$).

Все три метода имели высокие показатели точности в диагностике ТФ без достоверной разницы в полученных результатах эффективности (Таблица 22).

Таблица 22 – Уровни статистической значимости показателей точности Эхо-КГ, КТ и МРТ сердца в диагностике ТФ

	Эхо-КГ & КТ	Эхо-КГ & МРТ	КТ & МРТ
p-value	0,61	0,32	0,41

ДОСПЖ (n=39, 11%). КТ сердца была выполнена 31 пациенту, 7 – проведена кардио-МРТ.

Эффективность трансторакальной Эхо-КГ в диагностике ДОСПЖ: чувствительность – 97,4%, специфичность – 98,7%, точность – 98% (AUC = 0,98). Результаты морфометрии легочно-артериального русла и расчёта индексированных показателей с помощью Эхо-КГ у пациентов с ДОСПЖ были аналогичны полученным результатам в группе пациентов с ТФ. Показатели диагностической эффективности КТ сердца в диагностике ДОСПЖ: чувствительность – 96,7%, специфичность – 99%, точность – 98,8% (AUC 0,97). Аналогично эффективности метода в группе пациентов с ТФ, КТ не имела статистически значимой разницы с прямой АГ в полученных результатах морфометрии системы ЛА и рассчитанных индексированных показателей ($p>0,05$).

Из 7 пациентов с ДОСПЖ, направленных на МРТ, диагностические изображения всех паттернов порока удалось получить только у трех детей (тип «Тетрада Фалло»). Три исследования с недиагностическими изображениями были получены у пациентов с резким сужением ВОПЖ и гипоплазией системы ЛА. Ошибочных результатов в определении диагноза ДОСПЖ тип «Тетрада Фалло» у трех пациентов с диагностическими изображениями не было. При попарном сравнении возможностей методов кардиовизуализации в диагностике ДОСПЖ статистически значимых различий получено не было ($p>0,05$).

ТМА (n=33, 9%). КТ сердца выполнялась 79% пациентам, кардио-МРТ в группе пациентов с ТМА не проводилась.

У всех пациентов с ТМА была проведена корректная диагностика порока при проведении трансторакальной Эхо-КГ (AUC 1,00) и КТ сердца (AUC 1,00).

ОАС (n=7, 2%). КТ сердца выполнялась 6 пациентам, кардио-МРТ в группе пациентов с ОАС не проводилась.

Эхо-КГ корректно диагностировала ОАС для всех 7 детей. В общей выборке пациентов по Эхо-КГ был получен один ЛП результат у пациента с АЛА 3 типа. Чувствительность, специфичность, точность ЭХО-КГ в диагностике ОАС – 100%, 98,4%, 99,7%, соответственно (AUC = 0,99). В определении анатомического типа ОАС по Эхо-КГ ошибочных результатов получено не было. По КТ диагноз ОАС с определением анатомического типа порока был корректно установлен во всех случаях: точность метода составила 100% (AUC = 1,00). Статистически значимой разницы в эффективности ЭХО-КГ и КТ сердца в диагностике ОАС получено не было ($p=0,371$).

ЧАДЛВ (n=24, 6%). На проведение КТ сердца были направлены 22 пациента с ЧАДЛВ.

Корректная диагностика порока с помощью Эхо-КГ была проведена у 22 из 24 детей. В общей выборке пациентов по данным Эхо-КГ было получено 5 ЛП результатов аномального дренирования лёгочных вен (ЛВ). Диагностическая эффективность Эхо-КГ в диагностике ЧАДЛВ: чувствительность – 91,6%, специфичность – 98,5%, точность – 98%. Из 22 пациентов корректное определение количества патологически дренируемых ЛВ было у 18: 24 вены из 27 (89%). В определении локализации аномального дренирования ЛВ по Эхо-КГ было допущено две ошибки: у двух детей отмечалась ошибочная интерпретация впадения вен в полость ПП, при фактическом их сообщении с ВПВ (на уровне конfluence с ПП). Показатели точности трансторакальной Эхо-КГ в определении разных анатомических типов ЧАДЛВ представлены в Таблице 23.

Таблица 23 – Возможности Эхо-КГ в определении анатомического типа ЧАДЛВ

Тип ЧАДЛВ	Чувствительность	Специфичность	Точность	AUC
супра-кардиальный	87%	100%	91%	0,93
инфра-	100%	89,5%	91%	0,95
	100%	100%	100%	1,00

При проведении КТ сердца диагноз ЧАДЛВ был корректно определен у всех пациентов: точность метода 100% (AUC = 1,00). Ошибочных результатов в определении количества вен с патологическим дренированием по КТ не было. В определении типа порока по КТ был один неверный результат в интерпретации кардиального ЧАДЛВ: интраоперационно диагностирован супракардиальный анатомический тип (Таблице 24).

Таблица 24 – Возможности КТ сердца в определении анатомического типа ЧАДЛВ

Тип ЧАДЛВ	Чувствительность	Специфичность	Точность	AUC
супра-кардиальный	93%	100%	95,7%	0,97
инфра-	100%	94%	95,7%	0,97
	100%	100%	100%	1,00

В постановке диагноза ЧАДЛВ, определении количества аномально дренирующихся ЛВ и анатомического типа порока КТ сердца показала себя более эффективным диагностическим инструментом в сравнении с Эхо-КГ, однако статистически значимой разницы в точности методик получено не было ($p > 0,05$).

ТАДЛВ (n=15, 4%). 80% пациентов с ТАДЛВ после проведения ЭХО-КГ дообследовались с помощью КТ.

Корректная диагностика порока по Эхо-КГ была проведена у всех пациентов (точность 100%): сложности в трактовке диагноза были у пациента с синдромом гетеротаксии (правый

изомеризм) и трехпредсердным сердцем, однако диагноз был заподозрен в обоих случаях. В определении типа ТАДЛВ и локализации впадения легочных вен по Эхо-КГ были сложности у одного пациента с наличием мембраны в полости ЛП. Обструктивная форма ТАДЛВ по Эхо-КГ была определена у трех пациентов (75%), показатели диагностической эффективности Эхо-КГ в определении стеноза коллектора ЛВ: чувствительность – 75%, специфичность – 89,8%, точность – 86,8%.

Все случаи ТАДЛВ, а также его анатомический тип были корректно диагностированы по КТ: точность – 100% (AUC = 1,00). В определении обструктивных форм порока по КТ был один ЛО результат у ребенка с кардиальной формой и наличием фиброзной перемычки в коллекторе ЛВ, не визуализируемой по КТ и препятствующей оттоку крови. Показатели диагностической эффективности КТ сердца в определении стеноза коллектора: чувствительность – 75%, специфичность – 100%, точность – 99,7% (AUC = 0,88).

Сравнение возможностей Эхо-КГ и КТ в определении обструктивных форм ТАДЛВ не показало статистически значимой разницы в точности ($p=0,618$).

Возможности методов кардиовизуализации в диагностике сочетанных основному врожденному пороку сердца интра- и экстракардиальных аномалий

По данным прямой АГ, интраоперационно или по результатам аутопсии у 192 детей (52%) было определено 454 клинически значимых сочетанных основному пороку интра- и экстракардиальных аномалий (Таблица 25).

Таблица 25 – Сочетанные интра- и экстракардиальные аномалии в основных группах ВПС

Сочетанные клинически значимые интра- и экстракардиальные аномалии	
Дополнительные ДМЖП	74
ДМПП	58
ОАП	114
БАЛКА	52
Стенозы больших аорто-легочных коллатеральных артерий	18
Аномалии брахиоцефальных артерий	12
Аномалии системного венозного возврата	39
Правая дуга Ао	22
Аберрантная подключичная артерия	14
Аномалии ЛА	28
Аномалии КА	23
Всего сочетанных аномалий в выборке	454

Септальные дефекты (n=132, 29%): 74 – дефекта межжелудочковой перегородки (ДМЖП), 58 – дефектов межпредсердной перегородки (ДМПП).

Сравнительный анализ точности трансторакальной Эхо-КГ (99,5%), КТ (96%) и МРТ сердца (95%) в определении септальных дефектов не показал достоверной разницы ($p>0,05$).

ОАП (n=114, 25%): из 114 ОАП у 9 – определено локальное или протяженное сужение протока, которое в 6 случаях требовало проведения стентирования.

Попарный сравнительный анализ точности трансторакальной Эхо-КГ (96,8%), КТ (98,1%) и МРТ сердца (97,3%) в определении ОАП не показал достоверной разницы ($p > 0,05$).

Оценка функционального состояния ОАП на уровне его конfluence с ЛА у пациентов с гипоплазией системы ЛА или признаками легочной гипертензии имела объективные сложности при проведении Эхо-КГ из-за ограничений акустического окна: чувствительность, специфичность и точность Эхо-КГ в определении стенозов ОАП составили: 67%, 97,4% и 97,7%, соответственно. В корректном определении участков сужения ОАП КТ была эффективна у всех пациентов: чувствительность 100%, специфичность 97,6%, точность 97,7% (AUC = 0,98). В группе пациентов, которым выполнялась МРТ сердца, не было детей с наличием стеноза ОАП (критерий не оценивался). В оценке функционального состояния ОАП метод КТ сердца был более эффективным (AUC = 0,98) в сравнении с Эхо-КГ (AUC = 0,83), однако статистически значимой разницы в показателях точности получено не было ($p = 0,318$).

Аномалии дуги Ао и брахиоцефальных артерий (БЦА) (n=54, 12%): у 22 пациентов (41%) определена правая дуга Ао, у 7 (13%) – правая дуга Ао и aberrантная левая подключичная артерия, у 16 (30%) – aberrантная правая подключичная артерия. У 12 пациентов (22%) была диагностирована вариантная анатомия ветвей дуги Ао в виде аномалий отхождения левой общей сонной артерии (ЛОСА) (n=11) и позвоночной артерии (n=2).

Эхо-КГ имела ограниченные возможности как в диагностике аномалий расположения дуги Ао, так и в определении вариантной анатомии ее ветвей. В определении правой дуги Ао точность метода составила 94,8% (чувствительность 45%), в определении aberrантной подключичной артерии – 95,4%, (чувствительность 18%), в определении аномалий отхождения ЛОСА и позвоночной артерии – 97,1% (чувствительность 46%). По КТ ошибочных результатов в интерпретации всех групп аномалий дуги Ао и БЦА получено не было, точность – 100%. МРТ сердца была проведена двум пациентам с ТФ и сочетанной aberrантной правой подключичной артерией, и одному ребенку с КоАо вариантной анатомией дуги Ао – отхождение плечеголового ствола, ЛОСА и левой подключичной артерии единым стволом по типу «бычьего хвоста» – все аномалии были определены корректно.

КТ сердца в определении аномалий расположения дуги Ао и вариантной анатомии ее ветвей продемонстрировала более сильные возможности в сравнении с ЭХО-КГ (Таблица 26).

Таблица 26 – Сравнение точности Эхо-КГ и КТ сердца в диагностике правой дуги Ао и аномалий БЦА

Сочетанная аномалия	Точность		
	Эхо-КГ	КТ	p-value
Правая дуга Ао	94,8%	100%	0,060
Аберрантная подключичная артерия	95,2%	100%	0,011
Вариантная анатомия ветвей дуги Ао	97,4%	100%	0,206

БАЛКА (n=52, 12%). Из 52 аорто-легочных коллатералей 39 соединялись с истинными ЛА, 13 – кровоснабжали легочную паренхиму напрямую.

Эхо-КГ корректно диагностировала 33 БАЛКА (63,4%): трудности диагностики возникали у детей с гипоплазированной системой ЛА, при наличии коллатералей малого диаметра (средний размер $1,4 \pm 0,6$ мм), а также в дифференцировке их от ОАП, при отхождении БАЛКА на уровне карины. Чувствительность, специфичность и точность Эхо-КГ составили 63,4%, 89,7%, 78,3%, соответственно. Из 33 корректно диагностированных БАЛКА интраоперационно определялось 12 стенозов: 9 – устьевых и 3 – на уровне соединения БАЛКА с сегментарной ветвью ЛА. Все изменения на уровне дистальных отделов коллатералей не были диагностированы по Эхо-КГ. Из 9 устьевых стенозов по Эхо-КГ было корректно диагностировано 7 (77,8%). Чувствительность, специфичность и точность Эхо-КГ в определении устьевых стенозов БАЛКА: 77,8%, 85,7%, 84,8%, соответственно. При оценке возможностей трансторакальной Эхо-КГ в определении конfluence БАЛКА с истинными ЛА было получено 7 корректных результатов (7/39, 18%). Все случаи прямого сообщения коллатерали с легочной паренхимой по Эхо-КГ диагностированы не были.

Из 52 БАЛКА с помощью КТ сердца было диагностировано 47: ошибочные результаты в определении количества коллатеральных артерий были связаны с извитым ходом последних и делением их на долевые ветви под резким углом. Чувствительность, специфичность и точность КТ в определении БАЛКА 90,3%, 100%, 95,8%, соответственно. В определении устьевых стенозов БАЛКА два протокола КТ сердца имели достоверно разные результаты эффективности: протокол КТ сердца с ЭКГ-синхронизацией был более точным, чем без ЭКГ-синхронизации ($p=0,007$). Из 17 БАЛКА, корректно диагностированных по КТ без ЭКГ-синхронизации, определить ход коллатерали и кровоснабжаемый ею сосуд (сегмент легкого) удалось только в 53% случаев ($n=9$). При использовании протокола с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией ход и локализация соединения БАЛКА с легочно-артериальным руслом были определены в 27 случаях (81,8%).

В общей выборке пациентов с гипоплазией системы ЛА, которым выполнялась МРТ сердца ($n=21$) изображения диагностического качества были получены у 16 детей (16/21, 76%), из них у 5 – по данным прямой АГ было определено наличие аортолегочных коллатеральных артерий

(n=6), средний диаметр $4,2 \pm 1,1$ мм. По МРТ наличие коллатералей было корректно заподозрено только у двух пациентов (33%). У 1 пациента тонкий извитой ОАП был принят за БАЛКА – 1 ЛП результат. Чувствительность, специфичность и точность кардио-МРТ в определении аортолегочных коллатеральных артерий: 33%, 90,9%, 81%, соответственно. Определение хода и места соединения БАЛКА с истинными ЛА не представлялось возможным ввиду низкого пространственного разрешения получаемых изображений. При попарном сравнении эффективности трансторакальной Эхо-КГ, КТ и МРТ сердца была определена статистически значимая разница в полученных результатах (Таблица 27).

Таблица 27 – Уровни статистически значимой разницы при сравнении точности в определении БАЛКА попарно в группах Эхо-КГ, КТ сердца, кардио-МРТ и прямой АГ

p-value	Эхо-КГ & КТ	Эхо-КГ & МРТ	КТ & МРТ
		0,001	0,272

В определении устьевых стенозов коллатеральных артерий метод КТ сердца с ЭКГ-синхронизацией показал себя наиболее эффективным в сравнении с трансторакальной Эхо-КГ и КТ сердца без ЭКГ-синхронизации (Таблица 28).

Таблица 28 – Уровни статистически значимой разницы при сравнении диагностической точности в определении стенозов БАЛКА попарно в группах Эхо-КГ, КТ сердца и прямой АГ

p-value	Эхо-КГ & КТ без ЭКГ-синхронизации	Эхо-КГ & КТ с ЭКГ-синхронизацией
		0,021

Аномалии ЛА (n=29, 7%) были представлены: кроссингом ЛА (n=5), атрезией ЛА с дуктальным ее отхождением (n=1), устьевыми и дистальными стенозами ЛА (n=19 и n=4 соответственно).

С помощью Эхо-КГ было определено 15 устьевых стенозов (15/18, 83%). Определение сочетанных аномалий на протяжении или на дистальном уровне ЛА по Эхо-КГ вызывало сложности у пациентов с конотрункальными аномалиями ввиду ограничений метода в оценке легочно-артериального русла на фоне его гипоплазии. В определении аномалий ЛА в виде их кроссинга, наличия участков локального сужения и атрезии одной из главных ветвей показатели чувствительности, специфичности и точности Эхо-КГ составили 59%, 96,4%, 95%, соответственно (AUC = 0,77).

КТ сердца проводилась 21 ребенку с аномалиями ЛА. Диагностическая эффективность КТ сердца в определении стенозов ЛА: чувствительность 88%, специфичность 99,4%, точность 98,4%. В определении аномалий хода ЛА (кроссинг ветвей) и атрезии ЛА ошибочных результатов по КТ сердца получено не было. МРТ была выполнена у 4 пациентов с аномалиями

ЛА, которые были представлены устьевыми стенозами (n=3) и дистальным стенозом ЛА (n=1): наличие устьевых стенозов ЛА было корректно определено во всех 3 случаях. Участок локального сужения ЛА в дистальном отделе по МРТ визуализирован не был. В общей выборке пациентов, которым выполнялась МРТ сердца, было получено 2 ЛП результата в определении устьевого стеноза главной ветви ЛА. Показатели диагностической эффективности МРТ сердца в определении стенозов ЛА: чувствительность 75%, специфичность 93,7%, точность 91,6%.

КТ сердца показала себя наиболее эффективным инструментом диагностики сочетанных аномалий главных ветвей ЛА (AUC = 0,94). При попарном сравнении точностей всех методов кардиовизуализации было определено, что метод КТ сердца был более точным в сравнении с Эхо-КГ и МРТ. Достоверной разницы в эффективности между МРТ и Эхо-КГ получено не было (Таблица 29).

Таблица 29 – Уровни статистической значимости показателей точности Эхо-КГ, КТ и МРТ сердца в диагностике аномалий ЛА

	Эхо-КГ & КТ	Эхо-КГ & МРТ	КТ & МРТ
p-value	< 0,001	0,618	0,007

Аномалии КА (n=23, 5%). Спектр сочетанных аномалий КА отражен в Таблице 30.

Таблица 30 – Спектр ВПС с сочетанными аномалиями КА

ВПС	Аномалия КА	n	Всего
ТФ	Единственная КА от левого коронарного синуса	1	6
	Пересечение ВОПЖ лКА	2	
	Единственная КА от правого коронарного синуса	1	
	Пересечение ВОПЖ пКА (конусная ветвь)	2	
Аномалия Тауссиг-Бинга	ОА отходит от пКА	2	6
	ОА отходит от правого коронарного синуса	1	
	Единственная КА от левого коронарного синуса	1	
	Единственная КА от правого коронарного синуса	1	
	Пересечение ВОПЖ ОА	1	
ТМА	Единственная КА от правого коронарного синуса	2	9
	Единственная КА от левого коронарного синуса	1	
	ОА отходит от левого коронарного синуса	2	
	ОА отходит от пКА	1	
	ОА отходит от правого коронарного синуса	1	
	Ретроаортальный ход ОА	1	
	Пересечение ВОПЖ пКА	1	
КоАо	Отхождение пКА от восходящей Ао	1	1
ОАС	Пересечение ВОПЖ пКА	1	1
всего			23

В корректной диагностике аномалий КА трансторакальная Эхо-КГ была эффективна у 6 пациентов: у пяти в определении аномального расположения устьев КА (6/15, 40%) и у 1-го ребенка с аномальным ходом КА (1/7, 14%). Диагностическая эффективность метода чувствительность – 30%, специфичность – 98,8%, точность 96% (AUC = 0,64).

Протокол КТ сердца с- и без ЭКГ синхронизации имели достоверно разную эффективность ($p=0,026$): синхронизированный по сигналу ЭКГ протокол КТ был более точным, чем без ЭКГ-синхронизации: точность 98% против 93% (AUC 0,65, против AUC 0,92) $p=0,037$. Для дальнейшего попарного сравнения возможностей методов кардиовизуализации в определении аномалий КА результаты эффективности протоколов КТ сердца будут представлены отдельно. В группе пациентов, направленных на проведение кардио-МРТ, детей с аномалиями КА не было. Однако при попытке определения устьев и хода КА на полученных МР изображениях в общей выборке оценка последних была невозможна, ввиду отсутствия диагностических изображений КА.

Эффективность трансторакальной Эхо-КГ и КТ сердца без ЭКГ синхронизации в диагностике сочетанных аномалий КА статистически значимо не отличалась ($p=0,767$). Сравнительный анализ возможностей Эхо-КГ и КТ сердца с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией показал статистически значимо более высокие диагностические возможности томографического метода в определении аномалий КА (Таблица 31).

Таблица 31 – Уровни статистически значимой разницы при сравнении диагностической точности в определении аномалий КА попарно в группах Эхо-КГ, КТ сердца

p-value	ЭХО & КТ без ЭКГ-синхронизации	ЭХО & КТ с ЭКГ-синхронизацией
	0.767	0.012

Аномалии системного венозного возврата (n=39, 9%), из них 36 (92%) были представлены аномалиями ВПВ, 3 (8%) – аномалиями НПВ.

Из 39 аномалий системного венозного возврата по Эхо-Кг было корректно определено 35 (чувствительность 89,7%). Специфичность и точность Эхо-КГ составили 99,4% и 98,3%, соответственно. По КТ ошибочных результатов диагностики аномалий НПВ и ВПВ не было, точность метода 100% (AUC = 1,00). На проведение кардио-МРТ был направлен один ребенок с КоАо и сочетанным аномальным системным венозным возвратом в виде персистирующей ВПВ, который был корректно диагностирован при проведении исследования. Сравнение возможностей трансторакальной Эхо-КГ и КТ сердца в определении сочетанных аномалий системного венозного возврата не показало статистически значимой разницы в их эффективности ($p=0,415$).

Оптимизация диагностических алгоритмов предхирургического ведения детей с некорригированными врожденными пороками сердца

Исходя из полученных результатов оценки эффективности методов кардиовизуализации в определении анатомических паттернов пороков и важных сочетанных интра- и экстракардиальных аномалий были сформированы диагностические алгоритмы ведения детей с некорригированными ВПС (Рисунки 2-10).

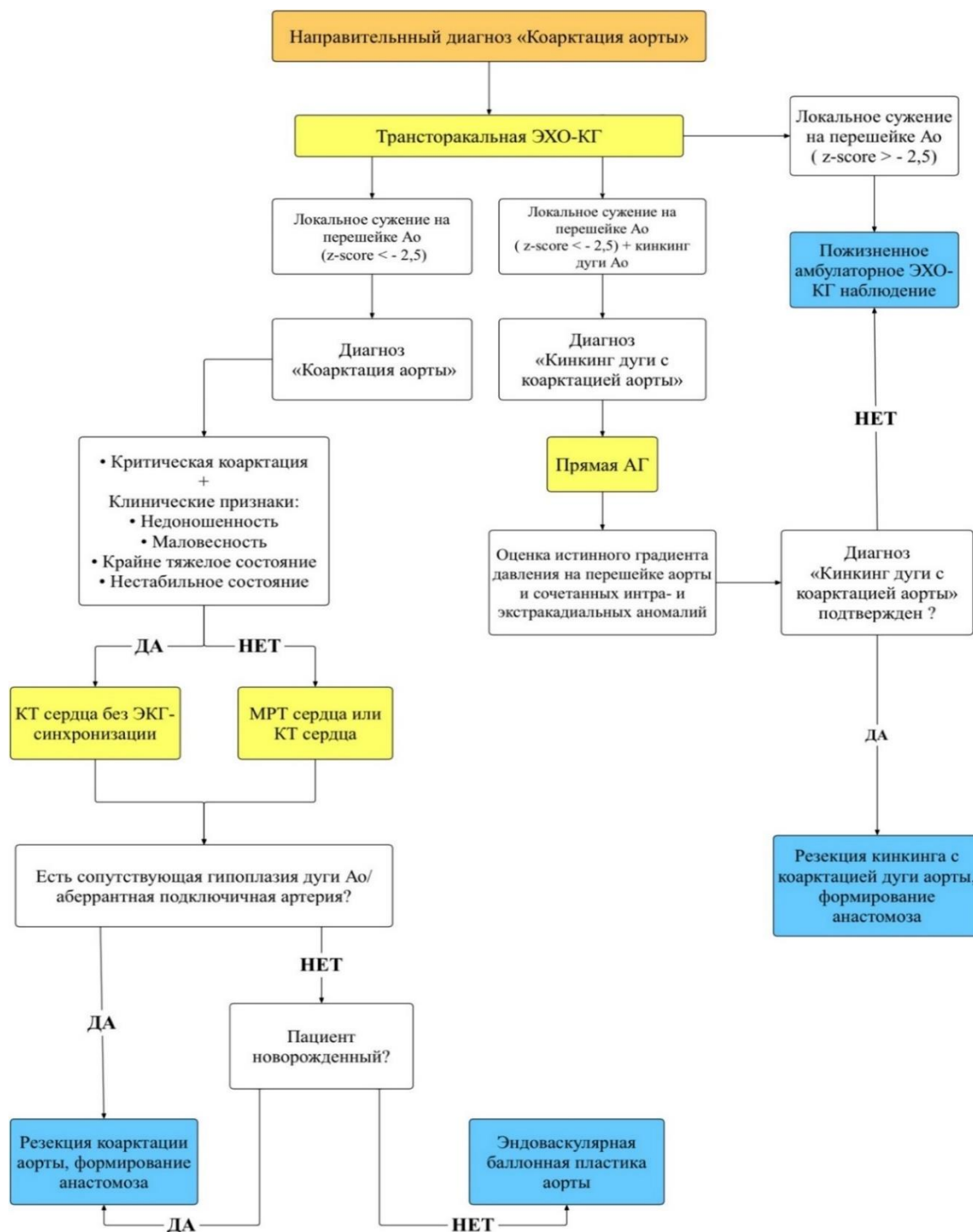


Рисунок 2 – Диагностический алгоритм ведения пациентов с направительным диагнозом – коарктация аорты

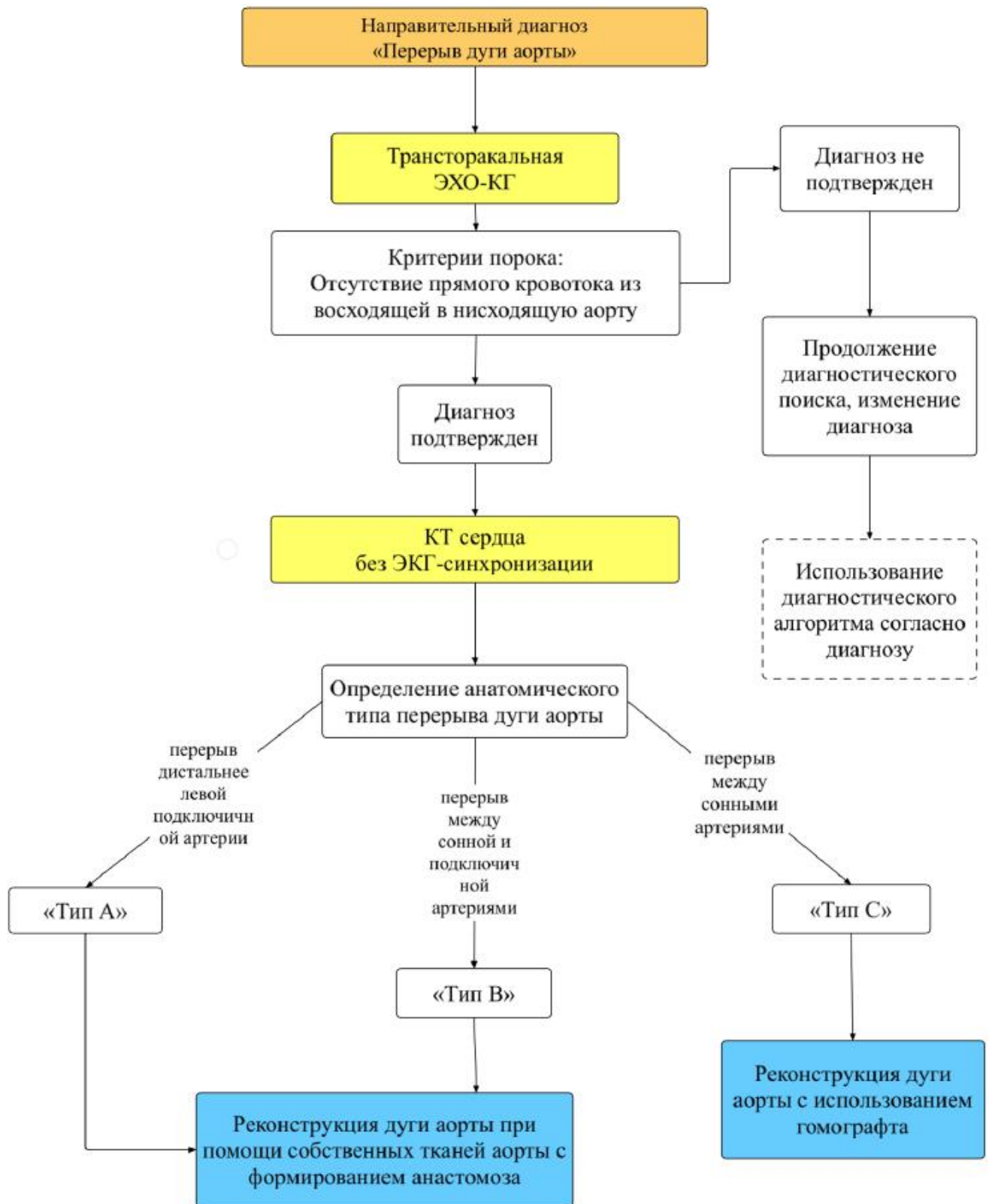


Рисунок 3 – Диагностический алгоритм ведения пациентов с направительным диагнозом – перерыв дуги аорты

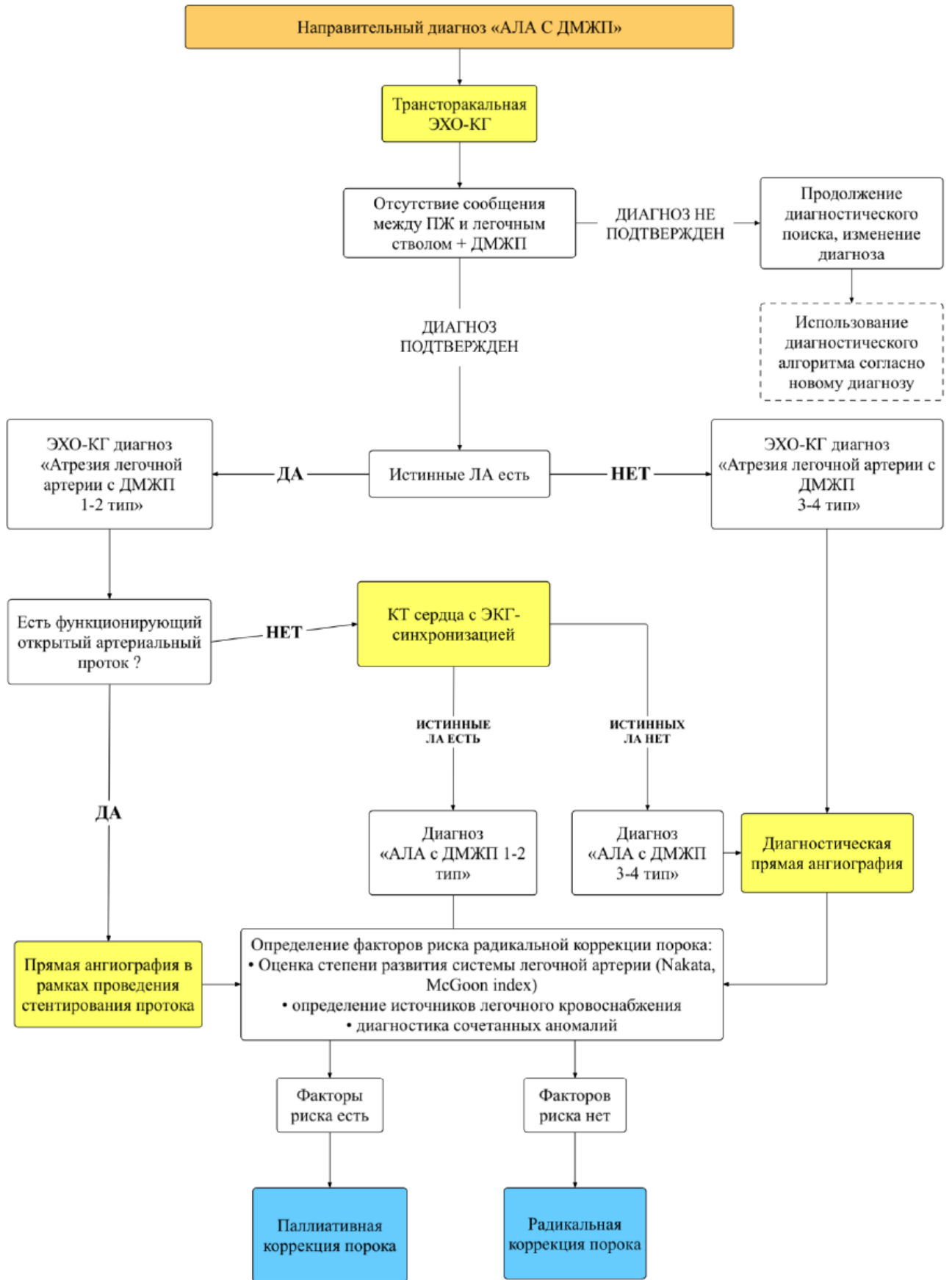


Рисунок 4 – Диагностический алгоритм ведения пациентов с направительным диагнозом – атрезия легочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки

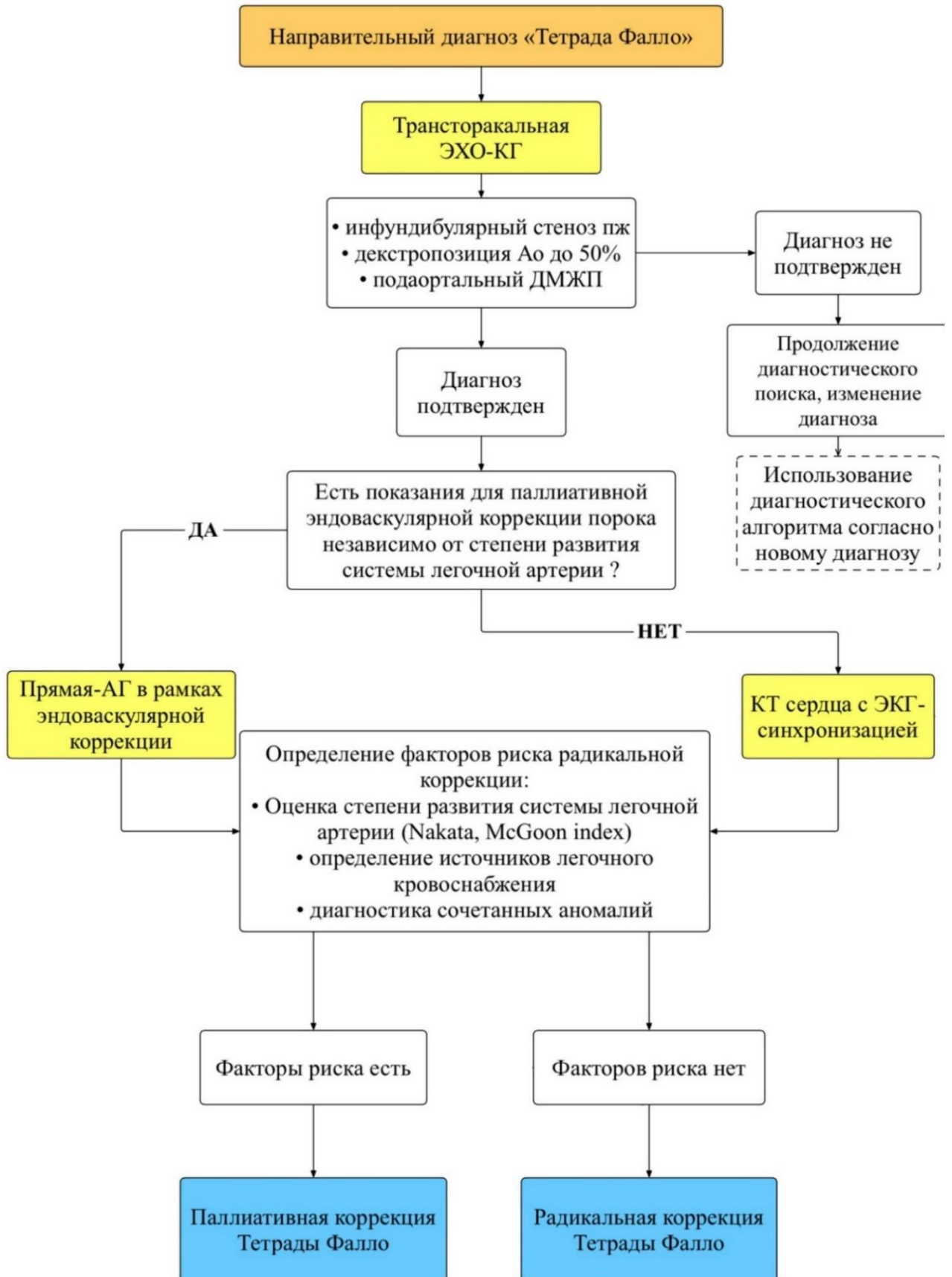


Рисунок 5 – Диагностический алгоритм ведения пациентов с направительным диагнозом – тетрада Фалло

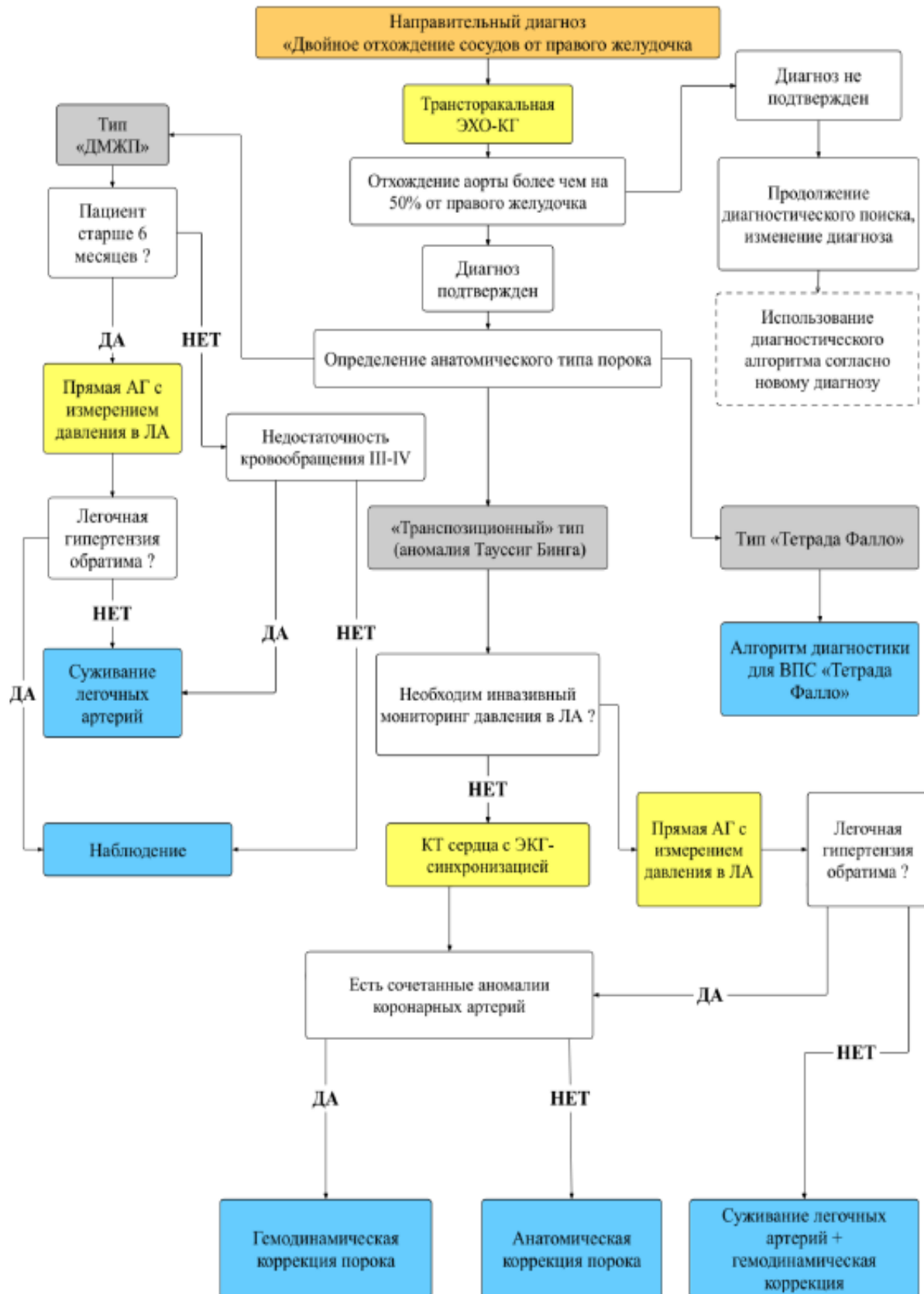


Рисунок 6 – Диагностический алгоритм ведения пациентов с направительным диагнозом – двойное отхождение сосудов от правого желудочка



Рисунок 7 – Диагностический алгоритм ведения пациентов с направительным диагнозом – транспозиция магистральных артерий



Рисунок 8 – Диагностический алгоритм ведения пациентов с направительным диагнозом – общий артериальный ствол



Рисунок 9 – Диагностический алгоритм ведения пациентов с направительным диагнозом – частичный аномальный дренаж легочных вен

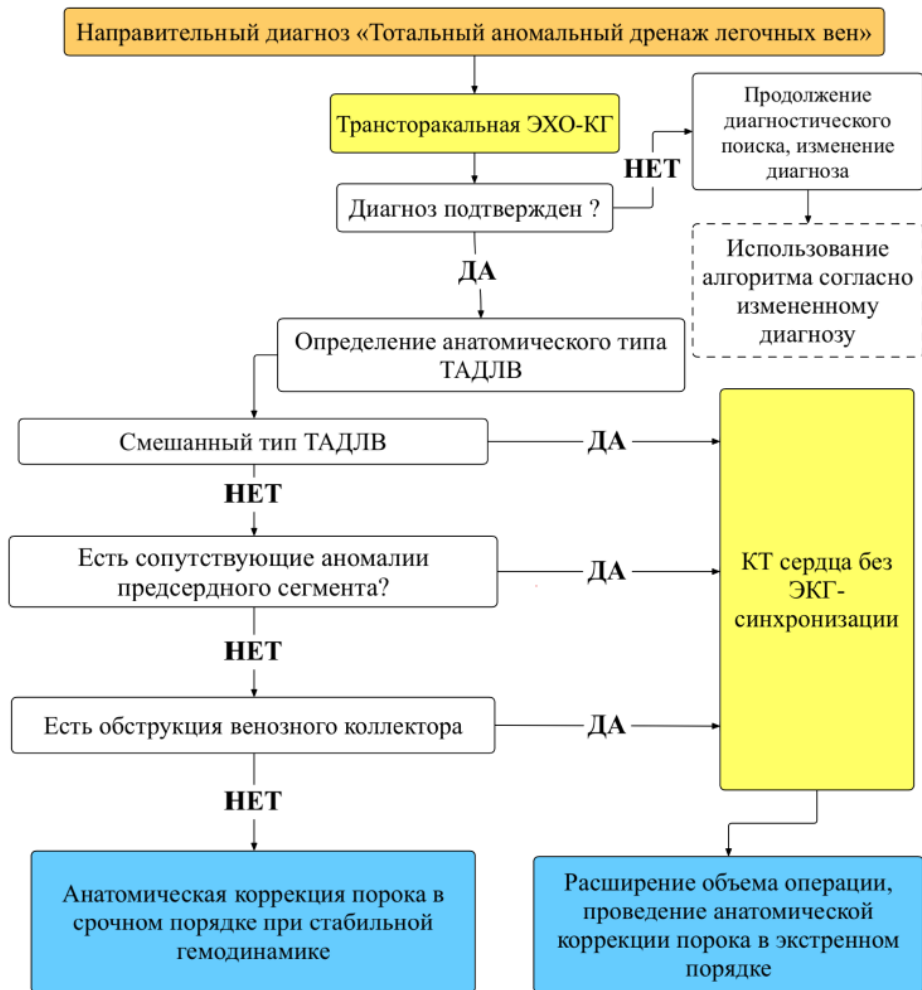


Рисунок 10 – Диагностический алгоритм ведения пациентов с направительным диагнозом – общий артериальный ствол

Использование разработанных диагностических алгоритмов для детей с некорригированными ВПС позволило изменить тактику ведения в следующих группах пороков:

- Группа **КоАо**: оптимизация тактики ведения и/или изменения хирургических подходов у **23%** пациентов за счет уточнения диагноза и/или выявления сочетанных экстракардиальных аномалий (праволежащая дуга Ао, аномалии расположения брахиоцефальных артерий, aberrantные подключичные артерии);
- Группа **перерыв дуги Ао**: изменение интраоперационной тактики у **78%** пациентов за счет уточнения анатомического типа порока;
- Группа **АЛА с ДМЖП**: изменение подходов ведения и хирургической тактики у **96%** пациентов за счет определения анатомического типа порока, дифференцировки дополнительных источников поддержки легочно-артериального русла;
- Группа **ТФ**: изменение тактики ведения пациентов и интраоперационных стратегий в **58%** случаев за счет объективной оценки развития легочно-артериального русла и определения потенциальных возможностей проведения одномоментной радикальной коррекции порока, а также за счет диагностики сосудистых колец и аномалий следования КА;
- Группа **ДОСПЖ**: оптимизация хирургических подходов у **39%** пациентов за счет диагностики сочетанных аномалий КА, устьевых стенозов ЛА, источников дополнительного легочного кровоснабжения и аномалий БЦА;
- Группа **ТМА**: оптимизация интраоперационных подходов у **33%** пациентов за счет диагностики сопутствующих аномалий дуги Ао и КА;
- Группа **ОАС**: оптимизация тактики ведения пациентов и интраоперационных подходов коррекции порока у **50%** пациентов за счет уточнения анатомии коронарного русла и морфометрии ЛА;
- Группа **ТАДЛВ**: изменение тактики ведения у **20%** пациентов за счет уточнения анатомии предсердного сегмента и дифференциации анатомических типов порока;
- Группа **ЧАДЛВ**: оптимизация подходов ведения у **79%** пациентов за счет уточнения наличия и количества аномально дренирующихся ЛВ, определения анатомического типа порока и выявления сочетанных врожденных аномалий развития (секвестрация легкого).

ВЫВОДЫ

1. Разработанный протокол компьютерной томографии сердца с использованием методики болюс-трекер и планированием области интереса на полость левого предсердия (пороговое значение старта томографии 80–90 HU) позволяет получать изображения хорошего и отличного

качества с равновесным контрастированием всех полостей сердца и магистральных сосудов малого и большого кругов кровообращения с чувствительностью и специфичностью 78,3% и 80,0% соответственно для протокола с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией и 88,6% и 71,4% соответственно для протокола без ЭКГ-синхронизации.

2. Диагностическая эффективность протокола компьютерной томографии без ЭКГ-синхронизации (точность 93,2%) уступает протоколу с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией (точность 98,1%) только в определении сочетанных аномалий коронарного русла и в оценке функционального состояния аорто-легочных коллатеральных артерий (точность эхокардиографии 68,4%, точность компьютерной томографии 90%). В определении всех иных сочетанных интра- и экстракардиальных аномалий, типов и анатомических вариаций врожденных пороков сердца достоверной разницы в эффективности протоколов компьютерной томографии с и без ЭКГ-синхронизации определено не было ($p > 0,05$).

3. Протокол компьютерной томографии сердца с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией является более эффективным в определении посегментной анатомии правой коронарной артерии для пациентов всех возрастных групп в сравнении с несинхронизированным протоколом ($p < 0,05$). В возможностях оценки анатомии левой коронарной артерии и ее ветвей протокол с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией продемонстрировал достоверное преимущество над несинхронизированным протоколом только для группы младенцев ($p < 0,01$), для новорожденных и детей младшей возрастной группы статистически значимой разницы в эффективности двух протоколов компьютерной томографии получено не было ($p > 0,05$).

4. Возможность визуализации коронарного русла у детей при проведении компьютерной томографии сердца зависит только от частоты сердечных сокращений, при этом оценка всех его сегментов при использовании протокола с ЭКГ-синхронизацией возможна на более высоких параметрах – $129,2 \pm 4,4$ уд/мин в сравнении с несинхронизированным протоколом – $118,3 \pm 5,2$ уд/мин, $p = 0,002$ (в среднем на $10,8 \pm 2,23$ уд/мин выше). Частота дыхательных движений и площадь поверхности тела влияют на возможность оценки анатомии левой коронарной артерии при использовании протокола без ЭКГ-синхронизации и проксимальных сегментов всего коронарного русла артерий синхронизированного протокола ($p < 0,05$).

5. Показатели диагностической эффективности эхокардиографии, компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии сердца в определении типа врожденного порока сердца составили 98,9%, 99,5% и 95,2% соответственно ($p > 0,05$). В определении анатомических особенностей врожденных сердечных аномалий эхокардиография (точность 68,4%) достоверно уступала КТ сердца (точность 100%) в определении типа атрезии легочной

артерии и перерыва дуги аорты ($p < 0,001$), в оценке всех иных анатомических вариаций достоверной разницы в эффективности методов получено не было ($p > 0,05$).

6. В оценке интракардиальных аномалий значимой разницы в эффективности трансторакальной эхокардиографии, компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии сердца получено не было ($p > 0,05$), точность 99,5%, 95,5% и 97,5% соответственно.

Для экстракардиальных аномалий компьютерная томография обладает более высокой диагностической значимостью (точность 97%) в сравнении с трансторакальной эхокардиографией (точность 78%) и магнитно-резонансной томографией сердца (точность 75%) в диагностике аорто-легочных коллатеральных артерий ($p = 0,001$) и сочетанных аномалий легочных артерий (точность 95%, 98,4%, 91,6% соответственно, $p < 0,05$). В определении aberrантной подключичной артерии компьютерная томография демонстрирует свое преимущество только над эхокардиографией (точность 100% и 95,2% соответственно, $p = 0,011$).

В оценке сочетанных аномалий развития коронарного русла протокол компьютерной томографии сердца с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией является достоверно более эффективным диагностическим инструментом (точность 98%) в сравнении с трансторакальной эхокардиографией (точность 96%), $p = 0,012$.

7. Использование оптимизированного диагностического алгоритма ведения детей с некорригированными врожденными сердечными аномалиями позволяет объективизировать подход к выбору радикальной или паллиативной коррекции порока и изменить интраоперационную тактику. В результате использования разработанного алгоритма изменение хирургических подходов и интраоперационной тактики произошло у 57% пациентов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При проведении компьютерной томографии сердца детям с некорригированными врожденными пороками сердца необходимо выполнять автоматический мониторинг болюса контрастного вещества с планированием области интереса на полость левого предсердия, пороговым значением старта томографии 80–100 HU. При невозможности определения расположения левого предсердия на нативных сериях изображений планирование области интереса допустимо на полость правого желудочка с пороговым значением старта 120–150 HU.

2. При проведении компьютерной томографии сердца детям с некорригированными врожденными пороками сердца автоматический мониторинг болюса контрастного вещества может быть спланирован на нисходящую аорту с пороговым значением болюса 150–160 HU, однако такой подход не гарантирует получения одномоментного оптимального

контрастирования камер сердца и магистральных сосудов у новорожденных с открытыми фетальными коммуникациями.

3. У пациентов с критическими и сложными врожденными пороками сердца, хирургическая коррекция которых не зависит от наличия дополнительных источников легочного кровоснабжения и анатомии коронарного русла, трансторакальная эхокардиография должна дополняться компьютерной томографией сердца без ЭКГ-синхронизации.

4. У пациентов с критическими и сложными врожденными пороками сердца, сопровождающимися гипоплазией легочно-артериального русла, и кандидатов на проведение реимплантации коронарных артерий или инфундибулотомии выводного отдела правого желудочка трансторакальная эхокардиография должна дополняться компьютерной томографией сердца с использованием ретроспективной ЭКГ-синхронизации за исключением случаев, требующих проведения экстренной паллиативной эндоваскулярной коррекции порока.

5. Трансторакальная эхокардиография должна использоваться как первичный и окончательный метод диагностики и определения показаний для проведения экстренной баллонной атриосептостомии у пациентов с транспозицией магистральных артерий и аномалией Тауссиг Бинга. В рамках баллонной атриосептостомии должна быть проведена оценка всех паттернов порока, анатомии коронарного русла, сочетанных интра- и экстракардиальных аномалий для планирования дальнейшей открытой хирургической коррекции.

6. Компьютерная томография сердца должна использоваться в качестве альтернативного прямой ангиографии инструмента при планировании коррекции всех типов врожденных пороков сердца за исключением атрезии легочной артерии, III–IV анатомический тип.

7. Разработанный диагностический алгоритм предоперационного планирования коррекции критических и сложных врожденных пороков сердца, основанный на преимуществах и недостатках каждого метода кардиовизуализации, должен быть интегрирован в практику ведения детей с некорригированными врожденными сердечными аномалиями.

СПИСОК РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Бедин А.В., Пурсанов М.Г., Абрамян М.А., Пардаев Д.Б., Курако М.М., Шамрин Ю.Н., **Хасанова К.А.**, Кочарян Ю.Э., Мирошниченко В.П. Роль транслюминальной баллонной ангиопластики в лечении коарктации и рекоарктации аорты у детей разных возрастных групп. // **Эндоваскулярная хирургия.** – 2022; 9 (2): 144–56. DOI: 10.24183/2409-4080-2022- 9-2-144-156, К2

2. **Хасанова К.А.**, Терновой С.К., Абрамян М.А., Бедин А.В. Диагностическая информативность современных методов визуализации в диагностике коарктации аорты у детей. // **REJR.** – 2022; 12(4):74-84. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-4-74-84. [**Scopus**], K1
3. **Хасанова К.А.**, Абрамян М.А. Современная лучевая диагностика врожденных пороков сердца у детей. // **REJR.** – 2022; 12(3):6-17. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-3-6-17.
4. **Хасанова К.А.**, Терновой С.К., Абрамян М.А. Возможности современных методов визуализации в диагностике и предоперационном планировании тетрады Фалло. // **REJR.** – 2023; 13(4):56-68. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-4-56-68. [**Scopus**], K1
5. **Хасанова К.А.**, Терновой С.К., Абрамян М.А. Роль трансторакальной ЭХО-КГ, КТ и МРТ сердца в оценке легочных артерий у детей с тетрадой Фалло. // **REJR.** – 2023; 13(3):39-50. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-3-39-50. [**Scopus**], K1
6. **Хасанова К.А.**, Терновой С.К., Абрамян М.А., Корочкина Е.С. Мультимодальная диагностика комбинированного критического врожденного порока сердца у ребенка 1 дня жизни. // **REJR.** – 2023; 13(1):134-142. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-1-134-142, K1
7. Абрамян М.А., Талалаева Е.А., Пурсанов М.Г., Бедин А.В., Курако М.М., Шамрин Ю.Н., Мирошниченко В.П., Чагирев В.Н., **Хасанова К.А.** Многоэтапная хирургическая коррекция критического субаортального стеноза у ребенка первого года жизни // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. – 2023. Т.11, №4. С. 121-127 DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2023-11-4-121-127> ,
8. Бедин А.В., Абрамян М.А., Шамрин Ю.Н., Курако М.М., Пурсанов М.Г., **Хасанова К.А.**, Коваленко Д.Г., Кочарян Ю.Э. Результаты хирургической коррекции коарктации аорты в сочетании с гипоплазией дуги аорты доступом из левосторонней торакотомии. // **Детские болезни сердца и сосудов.** – 2023; 1 (20): 5-16. DOI: 10.24022/1810-0686-2023-20-1-5-16. K2
9. Пурсанов М.Г., Бедин А.В., Абрамян М.А., Пардаев Д.Б., Шамрин Ю.Н., Курако М.М., **Хасанова К.А.**, Коваленко Д.Г. Стентирование при обструктивной патологии дуги и перешейка аорты у детей и подростков. // **Эндоваскулярная хирургия.** – 2023; 10 (3): 310–29. DOI: 10.24183/2409-4080-2023-10-3-310-329, K2.
10. **Хасанова К.А.**, Терновой С.К., Абрамян М.А. Возможности современных методов лучевой диагностики в определении и предоперационном планировании коарктации аорты у детей до года и младшей возрастной группы. // **Медицинская визуализация.** – 2023; 27 (4): 56–67. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1325>. [**Scopus**], K3
11. **Хасанова К.А.**, Терновой С.К., Абрамян М.А. Роль трансторакальной эхо-кг и КТ сердца в диагностике и предоперационном планировании атрезии легочной артерии с дефектом

межжелудочковой перегородки у детей. // **REJR**. – 2023; 13(2):83-97. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-2-83-97. [**Scopus**], K1

12. **Хасанова К.А.**, Терновой С.К., Абрамян М.А. Возможности современных методов кардиовизуализации в диагностике и предоперационном планировании транспозиции магистральных артерий у детей: проспективное исследование // **Лучевая диагностика и терапия**. – 2024. Т. 15, № 1. С. 78–86, DOI: 10.22328/2079-5343-2024-15-1-78-86, K2

13. **Хасанова К.А.**, Терновой С.К., Абрамян М.А. Предоперационное планирование коррекции двойного отхождения сосудов от правого желудочка у детей: возможности современных методов кардиовизуализации. // **REJR**. – 2024; 14(1):98-109. DOI: 10.21569/2222-7415-2024-14-1-98-109. [**Scopus**], K1

14. **Хасанова К.А.**, Терновой С.К. Возможности КТ сердца без ЭКГ-синхронизации в диагностике и предоперационном планировании коррекции врожденных пороков сердца у детей. // **REJR**. – 2024; 14(3):45-57. DOI: 10.21569/2222-7415-2024-14-3-45-57. [**Scopus**], K1

15. **Хасанова К.А.**, Коваленко Д.Г., Пуркина С.Я., Терновой С.К. Оптимизированный протокол компьютерной томографии сердца у детей с врожденными пороками сердца. // **REJR**. – 2024; 14(4):80-92. DOI: 10.21569/2222-7415-2024-14-4-80-92. [**Scopus**], K1

16. **Хасанова К.А.**, Абрамян М.А., Бедин А.В. Возможности трансторакальной Эхо-КТ и КТ сердца в оценке легочных артерий у детей с атрезией легочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки. // **Инновационная медицина Кубани**. – 2024;9(1):28–36. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-1-28-36>. [**Scopus**], K3

17. **Хасанова К.А.**, Абрамян М.А., Бедин А.В., Мирошниченко В.П. Диагностические возможности трансторакальной ЭхоКТ и КТ сердца в предоперационном планировании тотального аномального дренажа легочных вен. // **Инновационная медицина Кубани**. – 2024;9(3):47–53. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-3-47-53>. [**Scopus**], K3

18. Коваленко Д.Г., Корочкина Е.С., **Хасанова К.А.** Аномальное отхождение левой коронарной артерии от легочного ствола (синдром Бланда-Уайта-Гарланда) – редкий врожденный порок сердца у ребенка 7 лет. // **Инновационная медицина Кубани**. – 2024;9(2):98–107. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-2-98-107>, K3

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АГ – ангиография
АЛА – атрезия легочной артерии
Ао – аорта
БАЛКА – большие аорто-легочные коллатеральные артерии
БЦА – брахиоцефальные артерии
ВОПЖ – выводной отдел правого желудочка
ВПВ – верхняя полая вена
ВПС – врожденный порок сердца
ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки
ДМПП – дефект межпредсердной перегородки
ДОСПЖ – двойное отхождение сосудов от правого желудочка
ИО – истинно отрицательный
ИП – истинно положительный
КА – коронарная артерия
КВ – контрастное вещество
КоАо – коарктация аорты
КТ – компьютерная томография
КУ – контрастное усиление
ЛА – легочная артерия
ЛВ – легочная вена
ЛЖ – левый желудочек
лКА – левая коронарная артерия
ЛО – ложно отрицательный
ЛОСА – левая общая сонная артерия
ЛП – левое предсердие
ЛП – ложно положительный
МРТ – магнитно-резонансная томография
нАо – нисходящая аорта
НПВ – нижняя полая вена
ОА – огибающая артерия
ОАП – открытый артериальный проток
ОАС – общий артериальный ствол
ПЖ – правый желудочек
пКА – правая коронарная артерия
ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь
ПП – правое предсердие
ППТ – площадь поверхности тела
ТАДЛВ – тотальный аномальный дренаж легочных вен
ТМА – транспозиция магистральных артерий
ТФ – Тетрада Фалло
ЧАДЛВ – частичный аномальный дренаж легочных вен
ЧДД – частота дыхательных движений
ЧСС – частота сердечных сокращений
Эхо-КГ – эхокардиография
AUC – площадь под кривой
BFFE – balanced fast field echo
BTFE – balanced turbo field echo
Me – медиана
ROI – region of interest
SD – стандартное отклонение