

На правах рукописи

БАРЫШНИКОВА ИРИНА ЮРЬЕВНА

**СЕРДЕЧНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ У ДЕТЕЙ
С ВРОЖДЕННЫМИ ПОРОКАМИ СЕРДЦА:
НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ДИАГНОСТИКИ**

3.1.20. Кардиология

3.1.25. Лучевая диагностика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Москва – 2024

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный консультант:

д.м.н., профессор, академик РАН

Бокерия Леонид Антонович

Официальные оппоненты:

Басаргина Елена Николаевна – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кардиологическим отделением ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, г. Москва (специальность 3.1.20. Кардиология);

Орехова Екатерина Николаевна – доктор медицинских наук, доцент кафедры госпитальной терапии и кардиологии ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, г. Пермь (специальность 3.1.20. Кардиология);

Тарасова Алла Алексеевна – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики детского возраста ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, г. Москва (специальность 3.1.25. Лучевая диагностика).

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России.

Защита диссертации состоится «21» марта 2025 года в «14-00» часов на заседании диссертационного совета 21.1.038.01 при ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России по адресу: 121552, Москва, Рублевское шоссе, 135, конференц-зал № 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России и на сайтах ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России - www.bakulev.ru и Высшей Аттестационной Комиссии (ВАК) - <http://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан «17» февраля 2025 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета 21.1.038.01
доктор медицинских наук

Д. Ш. Газизова

Актуальность проблемы

В практике детского кардиолога определенную сложность составляют диагностика дисфункции желудочков сердца и выбор клинических критериев сердечной недостаточности (СН) по данным неинвазивных методов обследования. Общепринятые шкалы клинической оценки СН в педиатрии имеют низкую чувствительность, особенно в группах пациентов с врожденными пороками сердца (ВПС). Несмотря на удовлетворительные результаты радикальных и паллиативных операций, функция левого желудочка (ЛЖ) и правого желудочка (ПЖ), могут значительно ухудшаться в межэтапном и отдаленном послеоперационном периоде, что сопровождается высоким уровнем развития осложнений, в том числе фатальных. Трудности определения СН у детей с ВПС могут возникать из-за часто встречающихся аномальных паттернов электрокардиограмм в результате перенесенных операций. Концентрация сердечного тропонина может быть хронически увеличена, а BNP имеет низкую прогностическую ценность ввиду отсутствия возрастных нормативов. Решающая роль в определении тактики, сроков, перспектив хирургического и/или медикаментозного лечения, своевременной верификации послеоперационных осложнений принадлежит функциональной диагностике и морфометрии ВПС. Повышение качества обследования возможно как путем усовершенствования уже существующих технологий, так и посредством создания новых высокоинформативных диагностических аппаратов и/или методик (Бокерия Л.А., и др., 2018). Учитывая неинвазивный характер эхокардиографии (ЭхоКГ) и широкую доступность, этот метод остается наиболее предпочтительным для визуализации и мониторинга функции сердца.

ЭхоКГ оценка эффективности систолической функции сердца лежит в основе выделения групп риска, имеет самостоятельное прогностическое значение и осуществляется посредством визуальной оценки с применением различных алгоритмов анализа. Залогом адекватной диагностики являются возможности

аппаратуры, квалификация специалиста, воспроизводимость исследования. Эти условия крайне важны для своевременного обнаружения аномалий развития сердечно-сосудистой системы. (Cheung Y.F.,2022). Если «традиционный» ЭхоКГ анализ сердечной функции сосредоточен на количественной оценке изменений размеров желудочков и скорости кровотока во время сердечных циклов, то, благодаря достижениям в ЭхоКГ технологиях, разработана методика «прямой» оценки деформации миокарда – метод спекл-трекинг. Значение этого метода было продемонстрировано у взрослых пациентов и, согласно совместным рекомендациям Американского общества эхокардиографии и Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации, наряду с изучением фракции выброса (ФВ) ЛЖ рекомендовано использовать показатель глобальной продольной деформации ЛЖ (ГПД ЛЖ) для инструментальной оценки СН (Lang R.M.,et al., 2015).

Несмотря на признание фиброза миокарда ключевым патологическим процессом в формировании СН, его диагностика с помощью методов МРТ и КТ не является частью рутинной клинической практики, особенно в детской популяции пациентов. Это связано, прежде всего, с трудностями в получении точной оценки видов фиброза неинвазивным способом, с установлением типов коллагена, участвующих в формировании фиброзного очага (коллаген I, II ,VI). Не определена роль и медикаментозной терапии миокардиального фиброза.

Работы по исследованию биомеханики ЛЖ и ПЖ и систолической функции желудочков сердца у детей методом спекл-трекинг незначительны, что изначально было связано с ограничением применения метода в данной возрастной популяции из-за сложности регистрации в связи с высокой частотой сердечных сокращений (ЧСС). Но с появлением новых технических решений реализации методики спекл-трекинг в практике возникли другие ограничения при постановке диагноза ввиду сложных гемодинамических и анатомических изменений строения сердца у детей с ВПС. Своевременное обнаружение

функционального ремоделирования миокарда ЛЖ и ПЖ крайне важно для раннего инструментального выявления признаков СН, вовремя начатого медикаментозного и/или хирургического лечения детей с ВПС. На сегодняшний день в России не существует общепринятого алгоритма диагностики СН с помощью метода спекл-трекинг и интерпретации полученных данных у детей разных возрастных групп.

Цель исследования

Для раннего выявления сердечной недостаточности разработать комплексный подход к обследованию детей с ВПС на различных этапах кардиохирургического лечения с учетом диагностической ценности метода определения деформации миокарда.

Задачи исследования

1. Определить нормативы показателей деформации миокарда методом спекл-трекинг, характерные для здоровых детей разных возрастных групп (новорожденные, дети раннего и старшего возраста).
2. Оценить изменения биомеханики сердца у детей с ВПС с СН, обусловленной коронарной патологией, на различных этапах кардиохирургического лечения на примере модели аномального отхождения левой коронарной артерии от легочной артерии (АОЛКА от ЛА).
3. Проанализировать изменения биомеханики сердца у детей с ВПС с СН, обусловленной гемодинамическими изменениями на примере модели коарктации аорты (КА).
4. Оценить изменения биомеханики сердца у детей с ВПС с СН, обусловленной и коронарными и гемодинамическими изменениями, находящихся на различных этапах кардиохирургического лечения на примере модели транспозиции магистральных артерий (ТМА).

5. Сравнить полученные данные деформации с другими методами ЭхоКГ оценки СН у детей с ВПС, обусловленной коронарными, гемодинамическими и комбинированными изменениями.
6. Определить значение результатов деформации миокарда в диагностике фиброза миокарда у детей с ВПС, верифицированного с помощью МРТ.
7. Сопоставить показатели деформации и тяжесть СН, оцененной по клинической шкале у детей с ВПС.
8. Разработать комплексный диагностический алгоритм обследования ребенка с ВПС с учетом показателей деформации миокарда на различных этапах хирургического лечения для раннего выявления СН.

Научная новизна

Диссертационная работа является первым фундаментальным исследованием, демонстрирующим применение и информативность деформации миокарда желудочков сердца, полученной методом спекл-трекинг для комплексной диагностики СН у новорожденных и детей с различными ВПС в периоперационном и отдаленном послеоперационном периодах. Проведен подробный анализ диагностических возможностей оценки деформации миокарда желудочков сердца методом спекл-трекинг в определении систолической дисфункции у детей с ВПС при различных гемодинамических условиях; определены преимущества и недостатки метода в сравнении с другими традиционными ЭхоКГ методами при диагностике нарушений систолической и диастолической функций миокарда.

Впервые в Российской Федерации:

- изучены изменения биомеханики сердца у детей с различными ВПС с СН, обусловленной гемодинамическими изменениями и коронарной патологией;
- проанализированы и обсуждены факторы, уменьшающие прогностическую значимость снижения деформации миокарда, оцененного методом спекл-трекинг, в прогнозировании осложненного послеоперационного периода;

- определена предсказательная ценность снижения деформации миокарда желудочков сердца у детей с ВПС в предположении наличия у них фиброза, верифицированного с помощью МРТ;
- выявлены категории детей с различными ВПС, которым целесообразно выполнение ЭхоКГ обследования с оценкой деформации миокарда желудочков сердца для ранней инструментальной диагностики СН;
- представлена количественная оценка биомеханики сердца у новорожденных и детей первого года жизни, оцененная при помощи ЭхоКГ при критических ВПС: ТМА и АОЛКА от ЛА.

В диссертационной работе впервые доказана достоверность оценки деформации методом спекл-трекинг для диагностики СН у детей с ВПС, включая новорожденных, и необходимость включения данного исследования в предоперационный и катamnестический протокол обследования пациентов с ВПС.

Практическая значимость

На основании исследования разработан и внедрен в клиническую практику оптимальный протокол оценки деформации миокарда методом спекл-трекинг у детей при конкретных ВПС.

Обоснован приоритет определения деформации миокарда желудочков сердца и тканевой доплерографии (ТД) в оценке систолической дисфункции ЛЖ и ПЖ у детей с ВПС перед традиционными ЭхоКГ методами оценки функции миокарда с целью прогнозирования и минимизации возможных осложнений в дооперационном и раннем послеоперационном периодах.

Показана целесообразность оценки деформации миокарда желудочков сердца методом спекл-трекинг для выявления ультразвуковых доклинических признаков СН у детей после коррекции ВПС в отдаленном послеоперационном периоде.

Практическое применение созданных алгоритмов диагностики позволит врачам кардиологам, врачам лучевой диагностики и сердечно-сосудистым хирургам своевременно выявлять нарушения функции миокарда и выбирать оптимальный путь решения проблемы.

Положения, выносимые на защиту

- Регистрация сердечной дисфункции у детей инструментальными методами предшествует клиническим проявлениям.
- Традиционные способы ультразвуковых исследований не являются достаточными для диагностики дисфункции миокарда.
- Фиброз миокарда, приводящий к дисфункции желудочков, является одной из основных причин развития СН.
- Оценка деформации миокарда методом спекл-трекинг является высокоинформативным способом диагностики миокардиальной дисфункции и, как следствие, СН.
- Снижение деформации миокарда желудочков сердца у детей с ВПС в дооперационном периоде предопределяет осложненное послеоперационное течение и темпы восстановления функции миокарда.
- Снижение сегментарной деформации миокарда ЛЖ по данным метода спекл-трекинг у детей в отдаленном периоде после коррекции ВПС является прогностическим признаком фиброза миокарда, верифицированного методом МРТ с применением контрастного препарата.
- Результаты, получаемые при оценке деформации миокарда желудочков сердца методом спекл-трекинг в комплексе со стандартными методами ультразвуковой диагностики, позволяют своевременно обозначить проблему клинического проявления СН в послеоперационном периоде.

Внедрение результатов исследования

Научные положения и практические рекомендации, приведенные в диссертационной работе, внедрены в клиническую практику отделений ФГБУ

«НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России, занимающихся хирургическим лечением ВПС, в учебном процессе на кафедре кардиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики с курсом детской кардиологии Института подготовки кадров высшей квалификации и профессионального образования ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России.

Апробация диссертационного материала

Основные результаты диссертационной работы доложены на XXIII, XXIV, XXV, XXVI, XXVII ежегодных сессиях ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России (Москва); на XIX, XXVI, XXVII, XXVIII Всероссийских съездах сердечно-сосудистых хирургов России ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России (Москва); V Всероссийской конференции сердечно-сосудистых хирургов и детских кардиологов "Сухановские чтения" «Врожденные пороки сердца в сочетании с патологией дуги аорты» (Калининград); Межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы ультразвуковой диагностики заболеваний сердца и сосудов» 2020 (Пермь); Научно-практической конференции «Ультразвуковая диагностика в детской гематологии, онкологии и хирургии» (Москва); VII, VIII, IX съездах Российской Ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (Москва); XXII Всероссийском научно-образовательном форуме «Мать и дитя - 2021» (Москва); XV Юбилейном всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов (Москва); форуме молодых кардиологов «От профилактики к высокотехнологичной помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях» (2022, Москва); XIV международном конгрессе Невский радиологический форум (Санкт-Петербург); 26th, 27th Annual Meeting of the Asian Society for Cardiovascular and Thoracic Surgery & 65th Annual Conference of the Indian Association of the Cardiovascular and Thoracic Surgeons (Moscow; Chennai, India).

Апробация диссертационной работы проведена на объединенной клинической конференции отделений ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России 10 апреля 2024г. Номер и дата протокола: № 5 от 10.04.2024 года.

По теме диссертации опубликовано 35 печатных работ: 5 глав в книгах, 30 статей, в том числе 13 оригинальных статей в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК).

Объем и структура работы

Диссертационная работа изложена на 288 страницах машинописного текста. Диссертация состоит из введения; глав по обзору литературы, материалов и методов исследования, полученным результатам и обсуждению; заключения; выводов; практических рекомендаций и приложения. Список литературы состоит из 220 источников, из них 54 - отечественные. Диссертационная работа иллюстрирована 77 рисунками и графиками, содержит 62 таблицы.

Материалы и методы

В основу работы положены результаты наблюдения за 59 здоровыми детьми и 340 пациентами с ВПС, проходивших лечение в ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России (обсервационный проспективный анализ) с 2015 по 2023 год.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы исследования

Исследовано 399 детей в возрасте до 18 лет.

Необходимость формирования контрольной группы здоровых детей обусловлена отсутствием нормативных показателей деформации миокарда, полученных методом спекл-трекинг у детей (*Levy P.T., et al, 2016; Cantinotti M., et al., 2016*), отсутствием консенсуса об использовании универсального реперного показателя деформации для детей всех возрастов или z-баллов с учетом ростовых показателей, которые еще не оформлены в калькулятор.

Группа 1А – 29 детей (из них 17 (58,6%) мальчиков) до года, включая новорожденных. Средний возраст детей группы 1А составил $4,71 \pm 3,58$ месяца (4 дня-11 месяцев), площадь поверхности тела (ППТ) – $0,33 \pm 0,11$ м².

Группа 1Б – 30 детей (из них 16 (53,3%) мальчиков) в возрасте от года до 18 лет. Средний возраст – $9,71 \pm 5,6$ лет, средняя ППТ – $0,97 \pm 0,56$ м².

Для диагностики СН, обусловленной коронарной патологией, в качестве модели был взят ВПС – АОЛКА от ЛА. Для оценки СН, обусловленной гемодинамическими изменениями, взят ВПС – КА. Для диагностики СН, обусловленной комбинированными (гемодинамическими и коронарными) изменениями - ТМА.

Исследуемые дети с ВПС были поделены на группы по нозологическим формам и возрастам в соответствии с моделями СН, обусловленной коронарной патологией, гемодинамическими изменениями и комбинированными факторами. Схема дизайна исследования представлена на рисунке 1.

Между группами детей с ВПС, распределенных по функциональному классу СН по классификации Ross R.D. (ФК СН), производили сравнение показателей деформации миокарда, на различных этапах кардиохирургического лечения.

У детей с ВПС в возрасте до 1 года с различными моделями СН в периоперационном периоде последовательно оценивали морфофункциональные ЭхоКГ параметры ЛЖ и ПЖ до и после коррекции порока, а также определяли зависимость деформации миокарда от времени пережатия аорты (ПА) и искусственного кровообращения (ИК), длительности послеоперационной ИВЛ, пребывания в ОРИТ и в стационаре.

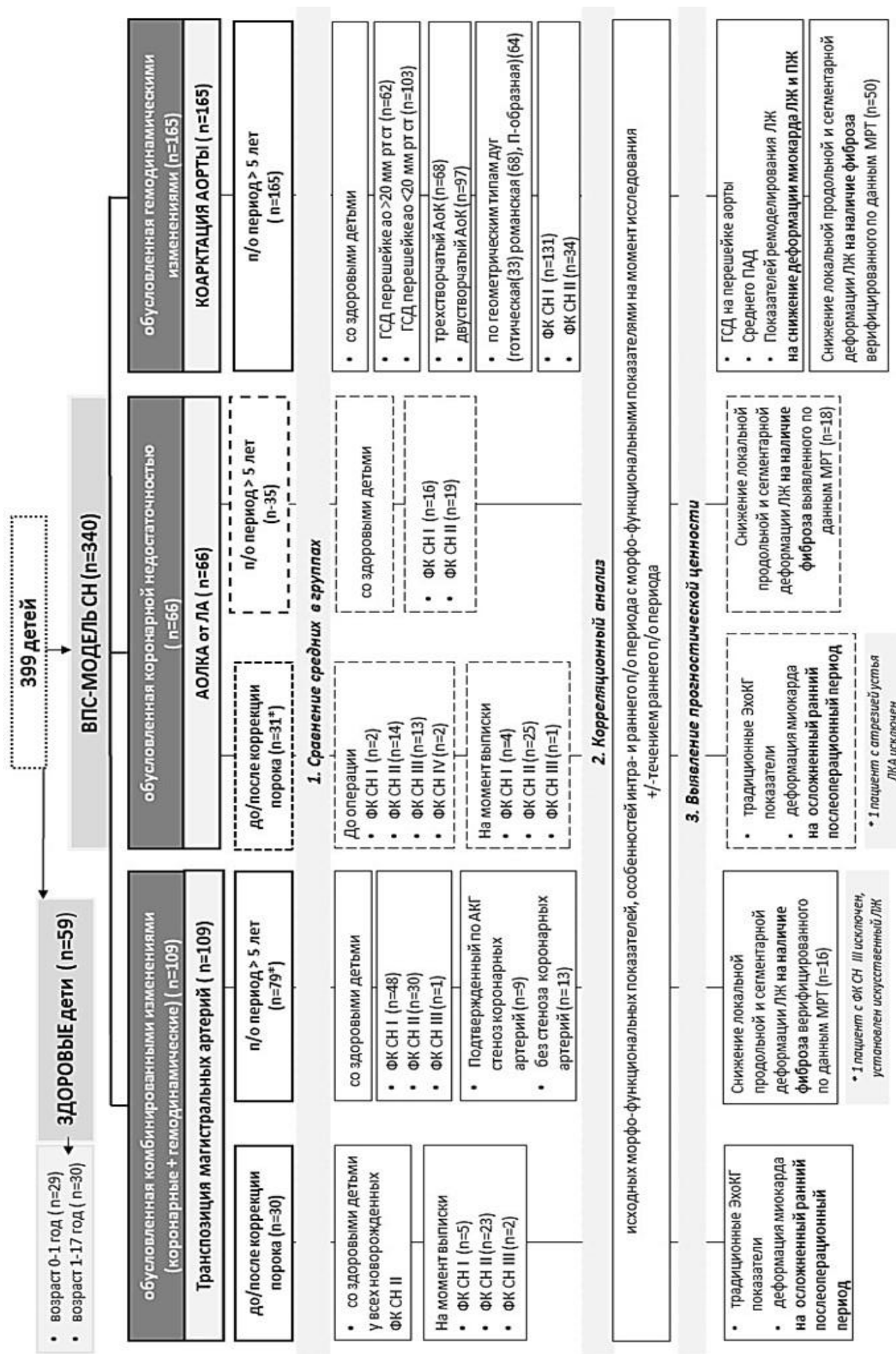


Рисунок 1. Схема дизайна исследования.

У детей с ВПС в отдаленном периоде после коррекции ВПС с различными моделями СН проводили когортное исследование, сравнительный анализ с нормативными ЭхоКГ показателями функции миокарда, определяли значимость снижения деформации миокарда в диагностике фиброза, верифицированного МРТ с применением контрастного препарата.

Группа 2А – 31 ребенок (из них 14 (45,2%) мальчиков) с АОЛКА от ЛА до операции и в раннем послеоперационном периоде. *Критерии включения:* изолированный порок. Средний возраст детей на момент коррекции порока составил $5,73 \pm 5,48$ месяцев, среднее ППТ – $0,31 \pm 0,09$ м². По классификации Ross R.D. установлены ФК СН: I - у 2 (6,7%); II – у 14 (46,7%); III – у 13 (43,3%); IV – 2 (6,7%) детей. Учитывая малочисленность групп, дети с ФК СН I и II были объединены, и пациенты с ФК СН III и IV были сгруппированы вместе, для проведения сравнительного анализа деформационных показателей миокарда ЛЖ. Время ИК в среднем имело значение $127,75 \pm 62,33$ (74-293) минут; время ПА – $55,10 \pm 15,54$ (44-112) минут, длительность ИВЛ - $9,26 \pm 10,79$ (1-35) суток. Кардиотонический индекс на 1 день после коррекции порока $7,47 \pm 4,38$ (6-16). Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) в послеоперационном периоде потребовалась 2 детям. Койко-дни пребывания в стационаре варьировали от 6 до 82.

Группа 2Б – 35 детей (из них 22 (62,8%) мальчиков) после коррекции АОЛКА от ЛА в отдаленном послеоперационном периоде. *Критерии включения:* отдаленный (>5 лет) послеоперационный период после коррекции АОЛКА от ЛА. Средний возраст детей составил $9,56 \pm 4,01$ лет. По классификации Ross R.D. ФК СН I определен у 16 (45,7%) детей, II – у 19 (54,3%). Возраст на момент операции коррекции порока варьировал от 2,0 до 96,0 месяцев, и в среднем составил $21,11 \pm 26,26$ месяцев.

Группа 3 – 165 детей (из них 93 (56,4%) мальчика) в отдаленном периоде после устранения КА. *Критерии включения:* состояние после изолированной

коррекции КА; отдаленный послеоперационный период (> 5 лет). Возраст детей в среднем составил $10,85 \pm 3,55$ лет, средняя ППТ – $1,28 \pm 0,32$ м². Патология митрального клапана (МК) выявлена у 38 (23,0%) детей; двустворчатый аортальный клапан – у 96 (58,7%), без гемодинамически значимого нарушения функции. По Ross R.D. ФК СН I определен у 131 (79,4%) детей; II – у 34 (20,6%).

Группа 4А – 30 новорожденных (из них 18 (60,0%) мальчиков) до и в раннем послеоперационном периоде после анатомической коррекции порока (артериальное переключение АП). *Критерии включения:* простая D-ТМА; период новорожденности; ДМЖП < 3 мм; отсутствие сочетанной патологии. Возраст детей в среднем составил $11,2 \pm 7,5$ (2-22) дней, средняя ППТ – $0,20 \pm 0,05$ м². Все новорожденные в дооперационном периоде находились в условиях детского кардиохирургического отделения, соответствовали ФК СН II (по Ross R.D.), и имели 2А стадию недостаточности кровообращения (НК) по классификации Белоконь Н.А. (НК 2А). Дооперационная медикаментозная терапия проводилась только препаратами простагландина Е в дозе 0,005 мкг/кг/мин. Время ИК в среднем имело значение $160,96 \pm 31,95$ минут; время ПА – $85,37 \pm 15,69$ минут, длительность ИВЛ - $95,81 \pm 4,69$ суток. Кардиотонический индекс на 1 день после коррекции порока $4,52 \pm 3,22$. Койко-дни пребывания в стационаре – $12,33 \pm 4,93$. В послеоперационном периоде дети были поделены на группы по ФК СН и произведено сравнение деформационных ЭхоКГ показателей миокарда ЛЖ и ПЖ в этих группах. В раннем послеоперационном периоде по Ross R.D. установлены ФК СН: II – у 22 (83,3%) детей; III – у 8 (16,6%) детей; по Белоконь Н.А. определены стадии НК детей: 2А – у 19 (63,3%) детей; 2Б – у 11 (36,6%) детей.

Группа 4Б – 79 детей (из них 45 (56,9%) мальчиков) после анатомической коррекции ТМА в отдаленном послеоперационном периоде. *Критерии включения:* отдаленный (> 5 лет) период после операции АП при простой D-ТМА. Возраст детей на момент исследования в среднем составил $11,34 \pm 3,02$ лет,

средняя ППТ – $1,22 \pm 0,42$ м². По классификации Ross R.D. установлены ФК СН: I- у 48 (60,7%); II – у 30 (37,9%); III – у 1 (1,2%) детей.

Методы исследования

ЭхоКГ исследование выполнялось на ультразвуковых аппаратах CX-50, Epic 7 (Philips, США) и Vivid 9 (General Electric, США) с использованием матричных секторных датчиков, работающих в диапазоне частот 5,0-12,0 МГц для детей раннего возраста 3,0-8,0 МГц – для детей старше двух лет; с одновременной записью ЭКГ с целью определения фаз сердечного цикла. К стандартному ЭхоКГ протоколу были добавлены данные ТД и показатели сегментарной, глобальной продольной и циркулярной деформации миокарда (СД; ГПД и ГЦД соответственно) ЛЖ и ГПД ПЖ).

МРТ сердца выполнялась на аппарате Avanto 1,5T в кардиопрограмме с ЭКГ-синхронизацией до и после контрастирования макроциклическим парамагнитным контрастным препаратом, который вводили в дозе 0,15-0,35 ммоль/кг массы тела. По полученным (с использованием последовательности позднего усиления гадолиния (LGE)) изображениям оценивали наличие фиброза, его локализацию согласно 17-сегментарной модели Американской ассоциации сердца и генез фиброза (ишемический и/или не ишемический) на рабочей станции Medis (Q-mass) (рисунок 2А). С помощью последовательностей MOLLI (modified look-locker inversion-recovery) было выполнено T1 картирование с определением времени релаксации для расчета внеклеточного объема (ECV) (рисунок 2Б). Для уточнения анатомии порока у части детей с КА, АОЛКА от ЛА выполняли *мультиспиральную КТ* на двуэнергетическом аппарате SOMATOM Force (Siemens Healthcare, Germany) в кардиопрограмме с ЭКГ-синхронизацией с автоматическим болюсным введением йодсодержащего контрастного вещества «Омнипак» 350 мг/мл (GE Healthcare), который вводили в дозе не более 1,5 мл/кг массы тела.

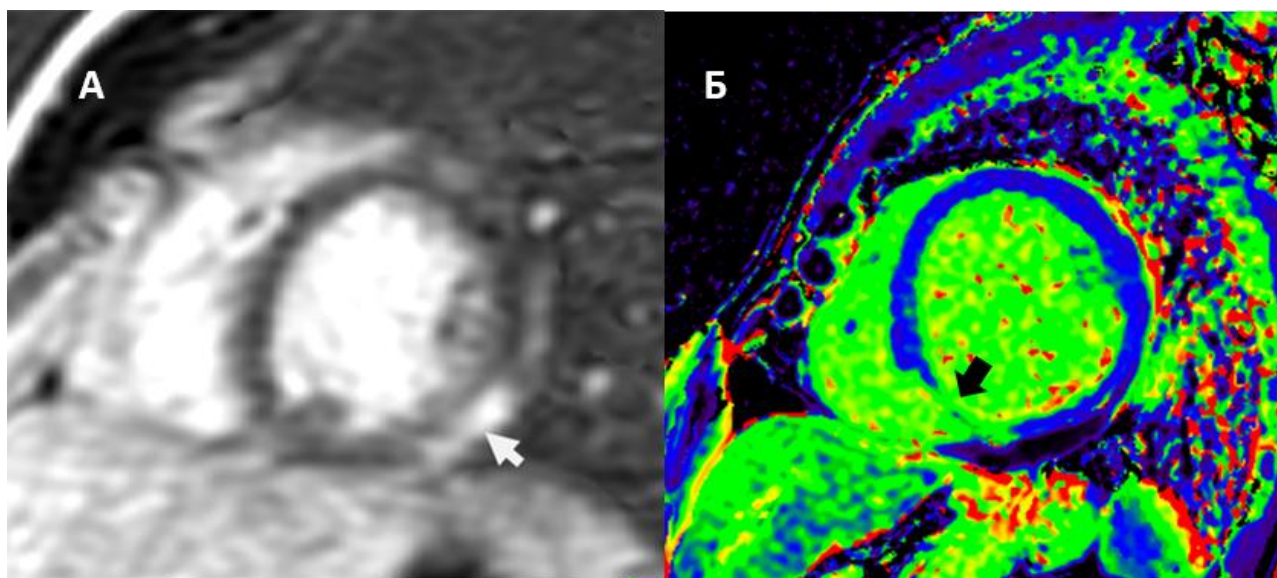


Рисунок 2. МРТ сердца. 2-х камерная плоскость сердца по короткой оси. А) МРТ с применением гадолинийсодержащего контрастного препарата. В отсроченные фазы определяется участок субэпикардального накопления контрастного вещества по задне-перегородочному сегменту (указано стрелкой). Б) Карта для расчета внеклеточного объема (ECV). Диффузный фиброз задне-перегородочного сегмента (указано стрелкой).

Для верификации порока АОЛКА от ЛА и уточнения состояния коронарного русла у детей в отдаленном периоде после анатомической коррекции ТМА проводили ангиокоронарографию на киноангиографических комплексах фирмы “Siemens” (Германия), “Philips” (Голландия) по общепринятой методике.

ЭКГ снимали на аппаратах CardiMax FX-7302 (Fukuda, Япония), Cardiofax Gem-9620 (Nihon Kohden, Япония). Интерпретация ЭКГ по 12 основным отведениям (стандартные, усиленные, шесть униполярных грудных отведений по Вильсону, V1-V6), особое внимание уделялось ЭКГ критериям ишемического повреждения миокарда (сегмент S-T, зубец Т, патологический зубец Q), нарушениям ритма, проводимости сердца.

Суточное мониторирование артериального давления (АД) проводили на комплексе программно-аппаратного суточного мониторирования АД «БиПиЛаб» (BPLab). Оценивали стандартные показатели: график изменения давления в течение суток; среднее систолическое давление днем и ночью; среднее диастолическое давление днем и ночью; степень колебания

систолического и диастолического давления в ночное время; вариабельность АД. Пульсовое давление оценивали как разницу между систолическим и диастолическим АД, и считали нормальным, если оно не превышало 50 мм рт. ст.; более высокие значения считали косвенным признаком повышенной жесткости сосудов (*Остроумова О.Д., и др, 2021*).

Для выполнения статистических расчетов и построения графиков использовали программное обеспечение – IBM SPSS Statistics ver.26.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Группа 1. Здоровые дети. На первом этапе исследования проводился анализ функции миокарда у соматически здоровых детей возрастом от 4 дней до 17 лет. Статистически значимых отличий ГПД ЛЖ у детей до года и старшего возраста не получено. Достоверно отличалась ГПД ПЖ, оцененная методом спекл-трекинг (рисунок 3А).

При оценке зависимости показателей продольной деформации ЛЖ и ПЖ от антропо-возрастных показателей детей выявлено, что в наибольшей степени ГПД ПЖ зависит от ППТ. Методом подгонки кривых наибольшей прогностической ценностью обладала кубическая функция с $R^2=0,697$ (рисунок 3Б.). Уравнение модели представляет собой следующий вид:

$$\text{ГПД ПЖ} = 48,214 - 78,904 * \text{ППТ} + 72,086 * \text{ППТ}^2 - 20,825 * \text{ППТ}^3.$$

При проверке коэффициента корреляции между значениями ГПД ПЖ, полученными с помощью модели, и фактическими значениями точность модели составила $r=0,669$, $p<0,001$.

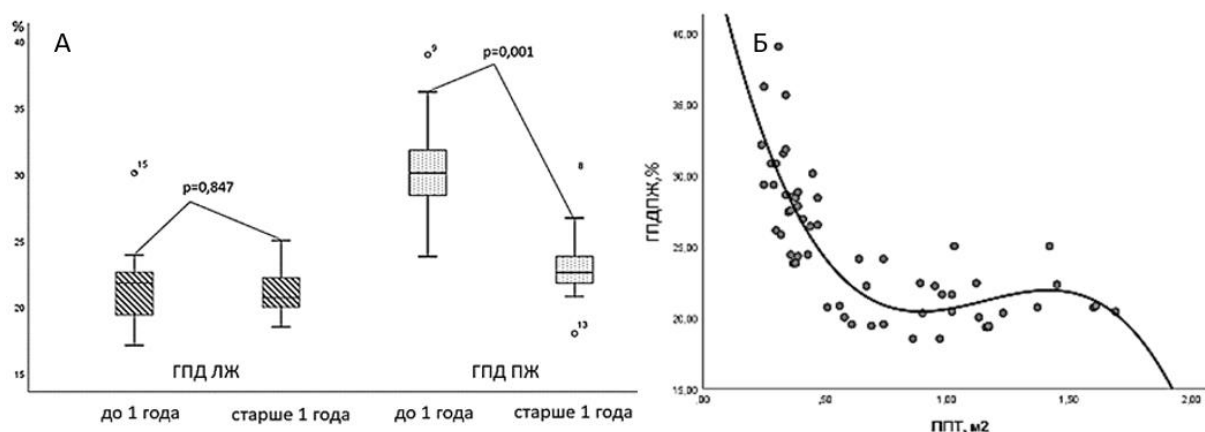


Рисунок 3. А) Диаграмма значений ГПД ЛЖ и ГПД ПЖ в зависимости от возраста ребенка (до 1 года и старше). Б) Кубическая модель зависимости ГПД ПЖ от ППТ здоровых детей.

Оценка СН у детей с АОЛКА от ЛА (коронарогенная модель СН).

Группа 2.А. Дети с АОЛКА от ЛА до коррекции порока и в раннем послеоперационном периоде. При сравнении исходных и послеоперационных ЭхоКГ (с ТД и спекл-трекинг) данных обнаружено статистически значимое уменьшение конечно-диастолического объема (КДО) ЛЖ ($p < 0,001$), увеличение ФВ ЛЖ ($p < 0,001$) к моменту выписки. Выявлено увеличение времени изоволюметрического расслабления ($p = 0,01$) и укорочение времени изоволюметрического сокращения ($p < 0,001$); снижение значений маркера глобальной сократимости (myocardial performance index - MPI) для ЛЖ и ПЖ ($p = 0,02$), уменьшение показателя E/e трикуспидального клапана (ТК), $p = 0,02$ (таблица 1).

Установлена зависимость исходной ГПД ЛЖ и длительностью пребывания стационаре у детей с АОЛКА от ЛА после коррекции порока ($r = -0,585$, $p < 0,001$), а также отрицательная корреляция исходной ГЦД ЛЖ и длительностью пребывания в стационаре у детей с АОЛКА от ЛА после коррекции порока ($r = -0,840$, $p < 0,001$) (рисунок 4).

При проведении однофакторного регрессионного анализа показано, что ФВ ЛЖ, ГПД ЛЖ и ГЦД ЛЖ позволяют прогнозировать длительный послеоперационный период ($\beta = -0,348$, $p = 0,028$; $\beta = -0,394$, $p = 0,035$; $\beta = -0,416$, $p = 0,017$, соответственно).

Таблица 1. ЭхоКГ показатели морфометрии ЛЖ и функциональные данные ЛЖ и ПЖ с применением ТД у детей с АОЛКА от ЛА до и после коррекции порока

Показатели	До операции (n=30)	После операции (n=30)	p
	Ср.± Ст. Откл (Мин-Макс)	Ср.± Ст. Откл (Мин-Макс)	
КДР, см	3,69±0,71 (2,30-5,30)	2,32±1,95 (1,9-3,9)	0,06
иКДО, мл/м ²	59,83±26,62 (20,0-118,0)	32,44±18,65 (8,0-45,0)	<0,001
ФВ, %	35,43±12,48 (13,0-64,0)	48,68±8,43 (30,0-62,0)	<0,001
ОТС	0,26±0,05 (0,24-0,37)	0,42±0,08(0,33-0,53)	<0,001
S ЛЖ, см/с	5,14±2,60 (3,0-14,0)	5,32±1,73 (4,0-10,0)	0,79
S ПЖ, см/с	7,25±2,83 (4,0-16,0)	6,25±2,15 (4,0-12,0)	0,22
MAPSE, мм	4,60±1,35 (2,0-7,0)	5,35±1,69 (4,0-10,0)	0,13
TAPSE, мм	6,15±0,99 (4,0-8,0)	6,25±2,15 (4,0-13,0)	0,65
МРІ ЛЖ	0,49±0,15 (0,22-0,68)	0,39±0,11 (0,25-0,62)	0,02
МРІ ПЖ	0,43±0,09 (0,21-0,56)	0,37±0,09 (0,25-0,54)	0,02
Е/е ЛЖ	9,01±4,51 (2,83-23,0)	8,19±3,41 (4,55-12,83)	0,33
Е/е ПЖ	11,20±6,51 (3,8-3-28,0)	7,61±2,73 (4,18-15,0)	0,02

ОТС – относительная толщина стенок; MAPSE - систолическая экскурсия фиброзного кольца митрального клапана; TAPSE - систолическая экскурсия фиброзного кольца трикуспидального клапана

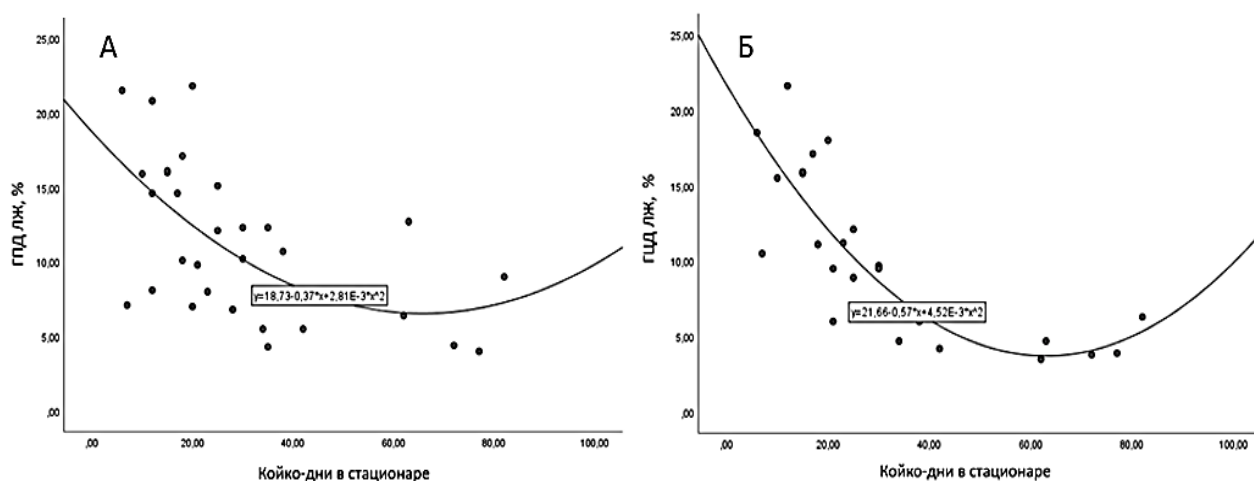


Рисунок 4. Диаграммы рассеяния. А) Зависимость исходной ГПД ЛЖ и длительности пребывания в стационаре у детей с АОЛКА от ЛА после коррекции порока ($\rho = -0,585$, $p < 0,001$). Б) Зависимость исходной ГПД ЛЖ и длительности пребывания в стационаре у детей с АОЛКА от ЛА после коррекции порока ($\rho = -0,840$, $p < 0,001$).

При выявлении значимости различных ЭхоКГ методов оценки систолической функции ЛЖ в прогнозировании осложненного послеоперационного периода чувствительность и специфичность увеличения продолжительности послеоперационного периода более 14 дней с исходными значениями ФВ (меньше 30,4%), ГПД (меньше 6,2%) и ГЦД (меньше 10,8%) площадь под кривой составили соответственно 0,79; 0,85 и 0,94 (рисунок 5).

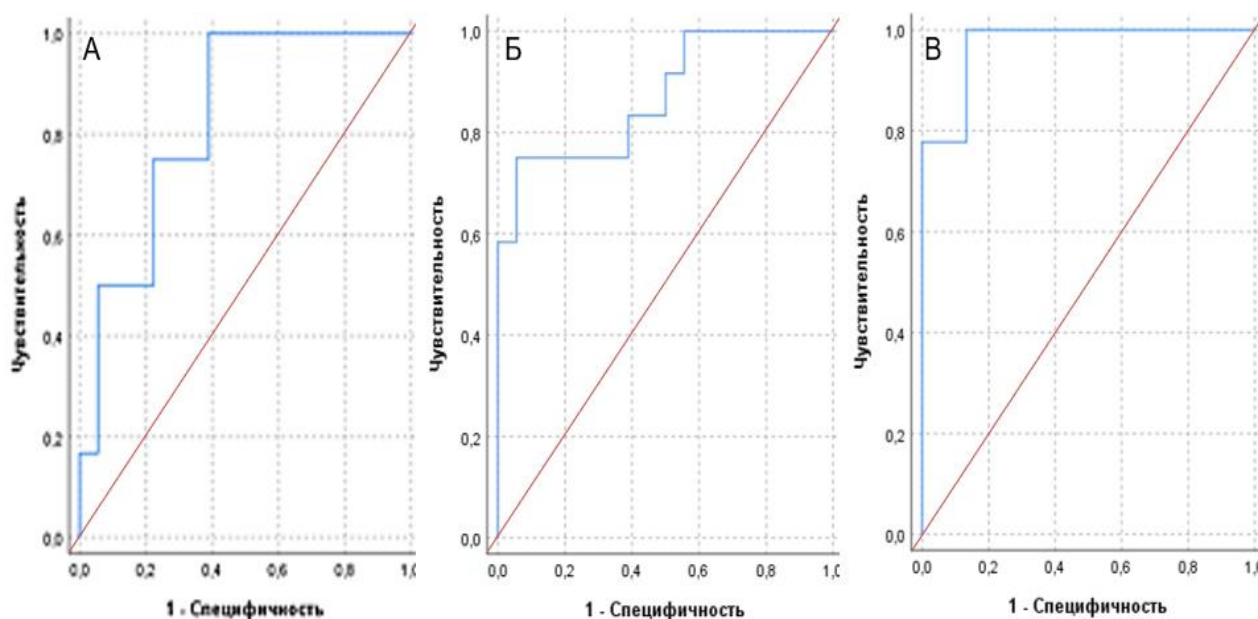


Рисунок 5. ROC кривая. Прогноз увеличения продолжительности послеоперационного периода более 14 дней при исходных значениях ФВ ЛЖ (меньше 30,4%) с чувствительностью 77,8%: специфичностью - 58,8%; ГПД (меньше 6,2%) с чувствительностью 78,6% и специфичностью 88,3% и ГЦД (меньше 10,8%) с чувствительностью 78,5% и специфичностью 99,2%. Площадь под кривой – 0,79; 0,85 и 0,94, соответственно.

При сравнении показателей ГПД ЛЖ и ГЦД ЛЖ у детей с АОЛКА от ЛА до операции коррекции порока в группах, распределенных в соответствии с ФК СН по классификации Ross R.D. выявлено статистически значимое отличие показателей ГПД ЛЖ и ГЦД ЛЖ в группе с ФК СН I-II и ФК СН III-IV ($p=0,003$, $p<0,001$) (таблица 2.).

Таблица 2. ГПД и ГЦД миокарда ЛЖ, полученные методом спекл-трекинг у детей с АОЛКА от ЛА перед коррекцией порока, сгруппированных по классификации Ross R.D.

Показатели	ФК СН I-II (n=15)	ФК СН III-IV (n=15)	p
ГПД ЛЖ, %	14,61±1,67	8,10±3,15	0,003
ГЦД ЛЖ, %	16,60±1,38	8,75±2,53	<0,001

Провести сравнительный анализ деформации миокарда ЛЖ у детей с АОЛКА от ЛА после коррекции порока на момент выписки, распределенных по группам в соответствии с ФК СН по Ross R.D. не было возможно ввиду малочисленности одной из групп сравнения (n=4).

Группа 2.Б. Дети с АОЛКА от ЛА в отдаленном послеоперационном периоде. При оценке морфометрии ЛЖ выявлены изменения у более половины пациентов: 37,1% (13 детей) – эксцентрическое ремоделирование; у 5,7% (2 ребенка) – концентрическое ремоделирование; у 8,5% (3 ребенка) – эксцентрическая гипертрофия; и у 2,8% (1 ребенок) – концентрическая гипертрофия. Статистические различия ($p=0,02$) были получены при сравнении показателя относительной толщины стенок (ОТС) у здоровых детей и детей исследуемой группы.

Деформация миокарда ЛЖ и ПЖ у детей в отдаленном периоде после коррекции АОЛКА от ЛА по сравнению со здоровыми детьми представлена в таблице 3.

Средние значения ГПД ЛЖ и ГЦД ЛЖ, ГПД ПЖ статистически отличались в двух группах. У здоровых детей значения были выше в абсолютных цифрах. Отмечалось, что ГПД ЛЖ и ГЦД ЛЖ варьировали от -14,0% до -23,5% и от -8,1% до -31,0%, соответственно.

Не установлено корреляций ГПД ЛЖ и ГЦД ЛЖ у детей в отдаленном послеоперационном периоде после коррекции АОЛКА от ЛА с ФВ и размерами ЛЖ, возрастом на момент коррекции порока и особенностями интра- и послеоперационного периода.

При сравнении показателей деформации желудочков миокарда у детей с АОЛКА от ЛА в отдаленном периоде после коррекции порока в группах, распределенных в соответствии с ФК СН по Ross R.D., выявлено статистически значимое отличие показателей ГПД и ГЦД ЛЖ; ГПД ПЖ в группах с ФК СН I и ФК СН II ($p=0,006$; $p=0,010$; $p=0,046$, соответственно) (таблица 4).

Таблица 3. Деформации миокарда ЛЖ и ПЖ у детей в отдаленном периоде после коррекции АОЛКА от ЛА по сравнению со здоровыми детьми.

Показатели	Дети после устранения АОЛКА от ЛА (n=35)	Здоровые дети (n=59)	Р
	Ср ± Ст.откл. (Мин-Макс)	Ср ± Ст.откл.	
ПД 5к, %	18,58±3,28 (10,70-27,41)	21,31±2,34	0,017
ПД 4к, %	19,15±2,64 (14,15-24,52)	21,19±2,06	0,023
ПД 2к, %	18,84±4,48 (10,80-31,00)	21,18±2,41	0,213
ГПД ЛЖ, %	18,93±2,92(14,00-23,50)	21,16±1,79	<0,001
ЦД БС, %	16,79±5,15 (5,6-27,0)	-	-
ЦД СС, %	18,16±6,41 (6,3-46,1)	-	-
ЦД ВС, %	20,25±7,98 (6,0-37,4)	-	-
ГЦД ЛЖ, %	19,13±4,84 (8,10-31,00)	22,3±2,42*	<0,001
ГПД ПЖ, %	19,78±2,42 (17,32-24,00)	21,07±0,63 [#]	<0,001
* - нормативы взяты из Levy P.T. et al., 2016; # - рассчитанная должная ГПД ПЖ			

Таблица 4. ГПД и ГЦД миокарда ЛЖ, ГПД ПЖ в группах детей с АОЛКА от ЛА в отдаленном периоде после коррекции порока, распределенных по классификации Ross R.D.

Показатели	ФК СН I (n=16)	ФК СН II (n=19)	Р
ГПД ЛЖ, %	20,04±2,31	17,11±2,16	0,006
ГЦД ЛЖ, %	21,25±4,02	15,73±3,68	0,010
ГПД ПЖ, %	18,79±1,78	20,60±1,34	0,046

МРТ сердца выполнено 18 детям. По данным МРТ у всех исследуемых пациентов в отсроченную фазу сканирования обнаружены изменения в миокарде ЛЖ ишемического (у 61,2% (11)) и неишемического (у 38,8% (7)) генезов. У группы пациентов с ишемическим паттерном накопления контрастного препарата в бассейне передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии выявлено у 63,6% (7) пациентов и в бассейне огибающей ветви левой коронарной артерии у 36,4% (4) пациентов. Кроме того, максимальные фиброзные изменения у пациентов с ишемическим генезом фиброза были определены по передне-перегородочному сегменту на базальном и среднем уровнях ЛЖ. Распространенность фиброза от уровня субэндокардиальных

отделов интрамиокардиально составила в среднем $48 \pm 6,3\%$ от толщины миокарда ЛЖ. В группе пациентов с неишемическим генезом фиброза, максимальные фиброзные изменения выявлены по задне-перегородочному сегменту на уровне средней трети и МЖП на уровне нижней трети.

По данным однофакторного регрессионного анализа снижение сегментарной продольной деформации ЛЖ позволяет прогнозировать фиброз миокарда, верифицированный методом МРТ ($\beta = -0,267$, $p = 0,016$), однако для сегментарной циркулярной деформации прогностической связи получено не было ($\beta = -0,105$, $p = 0,064$). При сопоставлении 17 сегментарной продольной карты деформации, оцененной с помощью метода спекл-трекинг, и распространением фиброза по соответствующим картам МРТ (рисунок 6) у детей в отдаленном периоде после коррекции АОЛКА от ЛА установлено, что снижение сегментарной деформации менее $9,5\%$ с чувствительностью $68,3\%$ и специфичностью $59,4\%$, $p = 0,001$, предсказывает наличие фиброза, верифицированного с помощью МРТ с контрастным препаратом ($AUC = 0,638$ (ДИ $0,564-0,723$)).

Оценка СН у детей в отдаленном периоде после коррекции КА (модель СН, обусловленная гемодинамическими изменениями).

Группа 3. При сравнительном анализе функционального состояния миокарда ЛЖ и ПЖ методами традиционной ЭхоКГ (и тканевой доплерографии) у детей в отдаленном периоде после устранения КА и у здоровых детей того же возраста установлены статистически значимые различия только показателя маркера глобальной сократимости ЛЖ и ПЖ ($p = 0,007$; $p < 0,001$, соответственно).

Методом спекл-трекинг выявлены статистически значимые снижения ГПД ЛЖ и ГЦД ЛЖ, ГПД ПЖ у детей исследуемой группы в сравнении со здоровыми детьми (таблица 5).

При оценке корреляций возраста на момент операции, исходных ФВ и иКДО ЛЖ, градиента систолического давления (ГСД) на перешейке аорты и ПД и ЦД

ЛЖ, ПД ПЖ у детей в отдаленном периоде после коррекции КА не установлено сильных статистически значимых взаимосвязей.

Таблица 5. Деформация миокарда ЛЖ и ПЖ у детей в отдаленном периоде после устранения КА по сравнению со здоровыми детьми

Показатели	Дети после устранения КА (n=165)	Здоровые дети (n=59)	p
	Ср ± Ст.откл. (Мин-Макс)	Ср ± Ст.откл.	
ПД 5к, %	19,14±3,61 (4,5-32,0)	21,31±2,34	0,001
ПД 4к, %	19,31±3,46 (7,8-28,5)	21,19±2,06	0,001
ПД 2к, %	19,66±4,23 (7,8-31,8)	21,18±2,41	0,028
ГПД ЛЖ, %	19,47±3,10 (10,5-27,9)	21,16±1,79	0,007
ЦД БС, %	16,79±5,15 (5,6-27,0)	-	-
ЦД СС, %	18,16±6,41 (6,3-46,1)	-	-
ЦД ВС, %	20,25±7,98 (6,0-37,4)	-	-
ГЦД ЛЖ, %	18,34±5,02 (8,5-27,9)	22,3±2,42*	<0,001
ГПД ПЖ, %	20,92±2,78 (13,2-27,5)	21,19±4,45 [#]	0,009

* - нормативы взяты из Levy P.T. et al., 2016; # - рассчитанная должная ГПД ПЖ
БС – базальный сегмент; СС – средний сегмент; ВС – верхушечный сегмент.

Обнаружена отрицательная корреляция ГСД на перешейке аорты и ГПД ПЖ ($\rho=-0,442$, $p=0,025$) (рисунок 7).

Дети после коррекции КА в грудном возрасте, исследуемые в отдаленном периоде, были поделены на 2 подгруппы по остаточному ГСД на перешейке аорты – больше/меньше 20 мм рт ст.

В сравнении со здоровыми детьми в группах детей с остаточным ГСД на перешейке аорты более и менее 20 мм рт. ст. ГПД ЛЖ не имела статистически значимых отличий ($p=0,066$). ГЦД ЛЖ статистически значимо была ниже в группах детей после коррекции КА в сравнении со здоровыми детьми, но не между группами детей после устранения КА, сформированных по остаточному ГСД на перешейке. ($p<0,001$) (таблица 6).

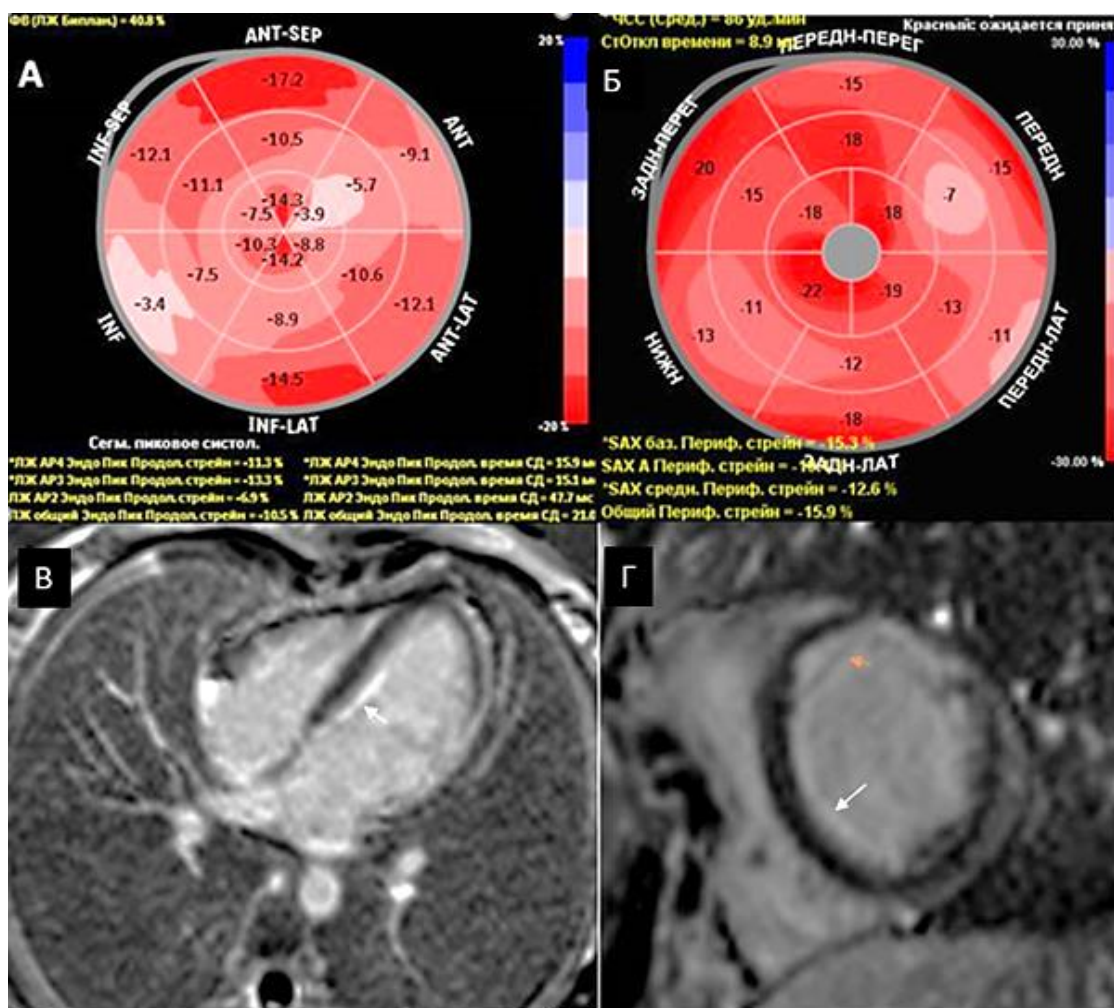


Рисунок 6. Визуальная диагностика ЛЖ у ребенка 14 лет после коррекции АОЛКА от ЛА в возрасте 7 лет. Метод спекл-трекинг: А) Карта продольной деформации миокарда ЛЖ. Снижение деформации (розовый цвет) на всех уровнях преимущественно в переднем, передне-боковом, нижне-перегородочном и нижнем сегментах. ГПД равна -10,5%. Б) Карта циркулярной деформации ЛЖ. Снижение деформации (розовый цвет) на базальном и среднем уровнях в передне-боковом, переднем и нижнем сегментах. ГЦД равна -15,9%.

МРТ сердца с применением контрастного препарата. В) 4-х камерная плоскость сердца. Г) Короткая ось сердца. Субэндокардиальное накопление контрастного препарата по нижне-перегородочному сегменту на базальном уровне ЛЖ (белые стрелки), практически трансмуральное накопление контрастного препарата по переднему и передне-боковому сегментам ЛЖ на базальном и среднем уровнях (оранжевая короткая стрелка).

Далее, пациенты были поделены на группы в зависимости от типа дуги аорты, определенной на момент исследования. В основном конфигурацию дуги аорты оценивали на основании ЭхоКГ исследования из супрастернального доступа по длинной оси аорты: готическая дуга характеризовалась острым углом между восходящим и нисходящим отделом аорты, П-образная дуга – прямоугольной

формой удлинено проксимальной и/или дистальной части дуги, романская дуга оценивалась как обычная конфигурация дуги в виде полукруга.

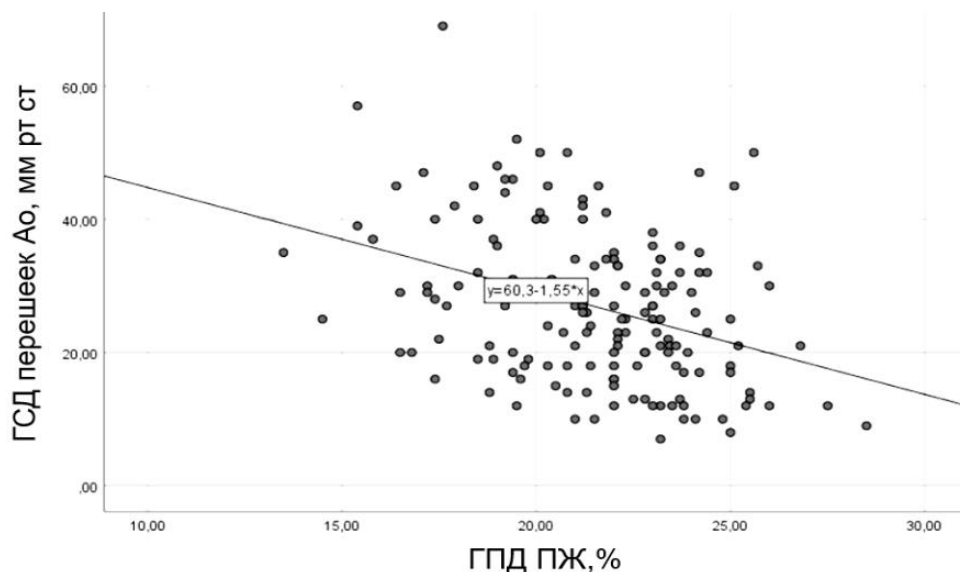


Рисунок 7. Диаграмма рассеяния. Корреляция градиента систолического давления на перешейке аорты (ГСД на перешейке Ао, мм рт. ст.) и ГПД ПЖ (%) у детей в отдаленном периоде после коррекции КА ($\rho = -0,442$, $p = 0,025$).

Средние значения ГСД на перешейке аорты, индексирующей массы миокарда ЛЖ отличались в группах детей в отдаленном послеоперационном периоде после коррекции КА, распределенных по геометрическому типу дуги аорты ($p = 0,006$, $p = 0,021$, соответственно).

Значения ГПД ЛЖ и ГЦД ЛЖ не имели статистически значимых отличий у детей в отдаленном периоде после устранения КА из разных подгрупп, сформированных в зависимости от геометрического типа дуги. Выявлено статистически значимое различие средних значений ГПД ПЖ у детей в отдаленном послеоперационном периоде после устранения КА в группах с различными вариантами аортальных дуг ($p < 0,017$) (таблица 7).

Исходная гипоплазия дуги аорты статистически значимо чаще встречалась у детей с П-образной дугой аорты в отдаленном периоде после устранения коарктации аорты ($\chi^2 = 15,05$, $p = 0,005$).

Таблица 6. Сравнение продольной и циркулярной деформации ЛЖ и ПЖ здоровых детей и между группами детей, различающихся по ГСД на перешейке аорты.

Показатели	I (n=59) Здоровые	II (n=103) ГСД < 20	III (n=62) ГСД > 20	p
ПД 5к, %	21,31±2,34	18,56±3,14	19,53±4,13	p=0,005 p1-2=0,001 p1-3=0,004 p2-3=0,347
ПД 4к, %	21,19±2,06	18,57±3,93	20,16±2,87	p<0,001 p1-2=0,001 p1-3=0,172 p2-3=0,022
ПД 2к, %	21,18±2,41	18,60±4,64	20,17±4,20	p=0,052
ГПД ЛЖ, %	21,16±1,79	18,65±3,23	20,06±3,12	p=0,066
ЦД БС, %	-	15,85±4,47	18,56±5,90	p=0,894
ЦД СС, %	-	17,9±5,66	17,70±7,89	p=0,778
ЦД ВС, %	-	18,72±8,74	19,48±5,43	p=0,686
ГЦД ЛЖ, %	22,3±2,42*	17,75±5,35	18,22±4,58	p<0,001 pI-II<0,001 pI-III<0,001 pII-III=0,500
ГПД ПЖ, %	21,19±4,45 [#]	20,86±2,35	20,12±2,91	p=0,034 pI-II=0,192 pI-III<0,001 pII-III<0,001
* - нормативы взяты из Levy P.T. et al., 2016; # - рассчитанная должная ГПД ПЖ БС – базальный сегмент; СС – средний сегмент; ВС – верхушечный сегмент.				

При проведении однофакторного регрессионного анализа установлено, что градиент систолического давления на момент исследования, среднее пульсовое артериальное давление (ПАД), индексированное к ППТ КДО ЛЖ не позволяют прогнозировать снижение глобальной и циркулярной деформации миокарда ЛЖ.

Однофакторный регрессионный анализ показал, что значение среднего пульсового давления позволяет прогнозировать снижение ГПД ПЖ ($\beta=-0,252$, $p=0,032$). При проведении линейной регрессии выявлена зависимость:

$$\text{ГПД ПЖ} = 28,292 - 0,143 \cdot \text{ПАД}; p=0,022.$$

При проверке коэффициента корреляции между рассчитанными по формуле показателями ГПД ПЖ модели и фактическими, полученными при исследовании, точность модели составила $r=-0,452$, $p<0,001$.

При сравнении ГПД ЛЖ, ГЦД ЛЖ у детей в отдаленном периоде после коррекции КА, распределенных по группам в соответствии с ФК СН по Ross R.D. не выявлено статистически значимых отличий ($p=0,235$; $p=0,487$, соответственно). В группах установлено статистически значимое отличие значения ГПД ПЖ ($p=0,004$) (таблица 8).

Таблица 7. Сравнение морфофункциональных ЭхоКГ параметров и суточного пульсового АД в группах детей, различающихся по геометрии дуги аорты

Показатели	Романская I (n=68)	П – образная II (n=64)	Готическая III (n=33)	p
ГСД на перешейке Ао, мм рт.ст.	24,05±10,63	28,36±10,65	30,51±12,91	p=0,006
ИКДО ЛЖ, мл/м ²	63,95±10,32	64,59±12,73	68,78±17,31	p=0,114
ОТС	0,34±0,08	0,37±0,11	0,35±0,10	p=0,368
ИММ, г/м ²	77,45±16,44	82,62±18,02	96,02±20,37	p=0,021 p1-3=0,001 p1-2=0,001 p2-3=0,013
S ЛЖ, см/с	10,27±2,71	10,48±2,63	10,72±2,82	p=0,298
Среднее ПАД, мм рт.ст.	48,61±7,14	50,3±8,71	53,12±8,93	p=0,086
ПД ЛЖ 5к, %	19,14±3,51	18,97±3,69	19,48±3,69	p=0,760
ПД ЛЖ 4к, %	19,45±3,71	19,33±3,45	18,95±2,99	p=0,789
ПД ЛЖ 2к, %	19,78±3,91	19,71±4,96	19,29±3,32	p=0,950
ГПД ЛЖ, %	19,59±2,91	19,39±3,45	19,37±2,82	p=0,905
ЦД БС ЛЖ, %	16,35±5,65	17,11±4,91	16,88±5,26	p=0,827
ЦД СС ЛЖ, %	16,93±4,78	19,33±8,53	17,25±5,85	p=0,458
ЦД ВВ ЛЖ, %	19,33±8,02	21,37±7,49	18,83±6,20	p=0,768
ГЦД ЛЖ, %	17,35±5,06	19,31±5,05	17,57±4,83	p=0,516
ГПД ПЖ, %	21,19±4,45	19,45±3,31	20,22±1,81	p=0,017 p1-2=0,034 p1-3=0,042
S ПЖ, см/с	12,59±3,12	12,98±3,18	12,81±3,21	p=0,279
TAPSE, мм	18,18±4,61	18,07±4,18	18,26±3,76	p=0,522

МРТ сердца выполнено 50 детям. По данным МРТ у 48 исследуемых пациентов в отсроченную фазу сканирования обнаружены изменения в миокарде ЛЖ неишемического генеза. Максимальные фиброзные изменения выявлены по передне-перегородочному и задне-перегородочному сегменту на базальном и среднем уровне. Пример клинического случая представлен на рисунке 8.

Таблица 8. ГПД и ГЦД ЛЖ, полученные методом спекл-трекинг, у детей в отдаленном периоде после коррекции КА, сгруппированных по классификации. Ross R.D.

Показатели	ФК СН I (n=131)	ФК СН II (n=34)	p
ГПД ЛЖ, %	19,17±2,69	19,90±2,71	0,235
ГЦД ЛЖ, %	20,01±5,27	18,65±5,67	0,487
ГПД ПЖ, %	22,15±2,07	19,51±3,24	0,004

По данным однофакторного регрессионного анализа снижение сегментарной продольной деформации ЛЖ позволяет прогнозировать фиброз миокарда, верифицированный методом МРТ ($\beta = -0,228$, $p < 0,001$), однако для сегментарной циркулярной деформации прогностической связи получено не было ($\beta = -0,041$, $p = 0,055$). При сопоставлении 17 сегментарных карт продольной деформации построенных по результатам метода спекл-трекинг с аналогичными картами с локализацией фиброза по сегментам по данным МРТ с контрастом (рисунок 8) была выявлена предсказательная ценность сегментарного снижения продольной деформации ЛЖ с AUC равной 0,651 (ДИ 0,582-0,725) с точкой «cut-off» 14,7% с чувствительностью 66,5%, специфичностью 62,6%, $p = 0,001$.

Оценка СН у детей с ТМА (комбинированная модель СН, обусловленная коронарными и гемодинамическими изменениями).

Группа 4А. Новорожденные с ТМА до АП и в раннем послеоперационном периоде.

По данным ТД у дооперационных новорожденных с ТМА установлено снижение систолического движения фиброзного кольца трикуспидального клапана (S ПЖ) ($p = 0,034$) и ГПД миокарда ПЖ по результатам метода спекл-трекинг ($p = 0,001$) по сравнению со здоровыми детьми (таблица 9).

Не обнаружено корреляции исходной ГПД миокарда ЛЖ с аналогичными показателями после анатомической коррекции порока.

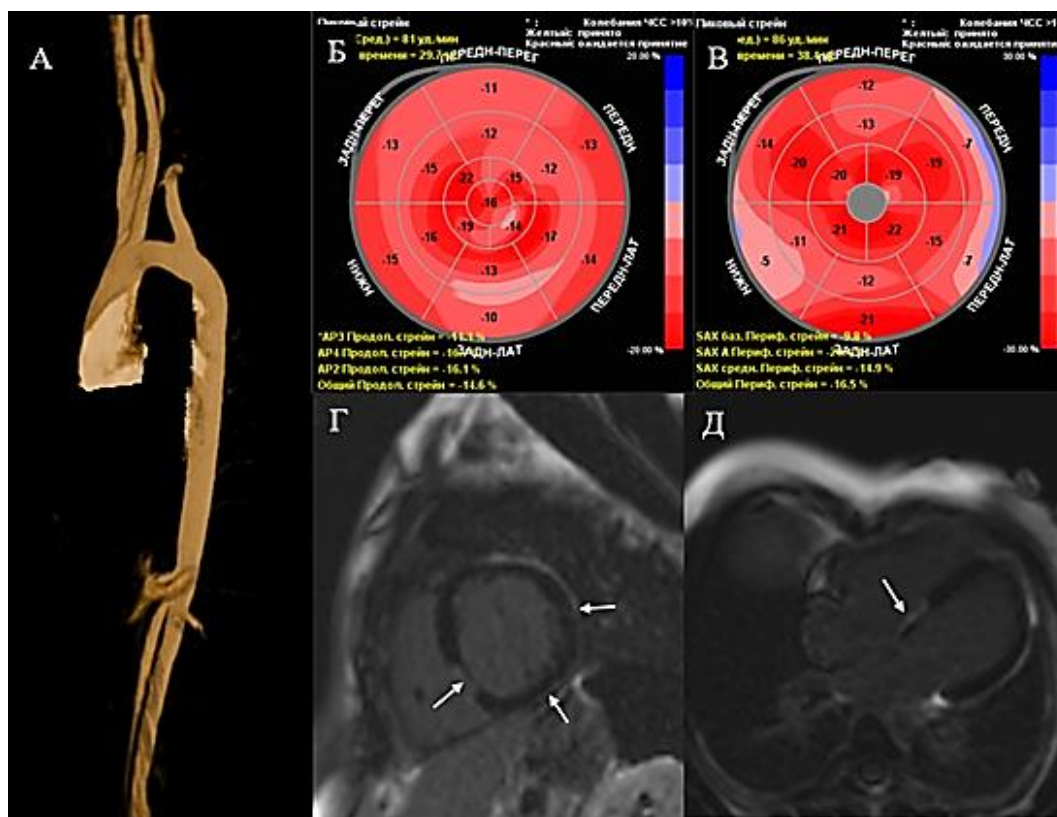


Рисунок 8. Визуальная диагностика аорты и ЛЖ у ребенка 15 лет после коррекции КА в возрасте 3,5 месяца. ФК СН I по классификации Ross R.D.

А) МРТ-ангио. Трехмерная реконструкция аорты - «П»-образная дуга.

Метод спекл-трекинг. Б) карта продольной деформации миокарда ЛЖ. Снижение деформации (розовый цвет) на базальном уровне по всем сегментам (1-6), а также на среднем уровне переднего (1); передне-перегородочного (8), нижнего (10), и переднебокового сегментов (12). В) Карта циркулярной деформации ЛЖ. Снижение деформации (розовый цвет) на базальном уровне переднего (1), передне-бокового (2) нижне-бокового (3), нижнего (4) нижне-бокового (5) и передне-бокового (6) сегментах, а также на среднем уровне в нижнем (10) и нижне-боковом (11) и передне-боковом (12) сегментах. МРТ сердца. Г) 2-х камерная плоскость сердца по короткой оси. Д) 4-х камерная плоскость сердца. В отсроченные фазы контрастирования отмечается накопление контрастного вещества по перимембранозной части (коновентрикулярной) со стороны ПЖ (стрелка) а также субэпикардальное накопление контрастного вещества по передним (6,12,16), нижнебоковым (5,11) и нижним (4,10,15) сегментам ЛЖ практически на всем протяжении (стрелки) - изменения неишемического генеза.

В послеоперационном периоде было получено выраженное снижение систолической функции ПЖ по данным ТД в сравнении с дооперационными показателями; выявлена положительная корреляция исходных значений систолического движения миокарда на уровне фиброзного кольца ТК и

длительностью пребывания в стационаре ($p=0,41$, $p=0,04$). ГПД ПЖ снизилась в послеоперационном периоде ($p=0,001$) (таблица 9).

Таблица 9. Сравнение исходных показателей систолической функции ЛЖ и ПЖ у новорожденных с ТМА с послеоперационными данными на момент выписки и здоровыми детьми.

Показатели	Здоровые дети	Новорожденные с ТМА до АП	Новорожденные после АП	Р
	I (n=29)	II (n=30)	III (n=30)	
ФВ ЛЖ, %	68,0±2,0	67,0±2,0	58,0±2,0	-
MAPSE, мм	5,3±1,8	4,7±1,6	4,5±1,7	pI-II=0,291 pII-III=0,319
TAPSE, мм	8,4±2,6	7,5±2,5	6,8±2,1	pI-II=0,302 pII-III=0,460
S ЛЖ, см/с	6,8±1,9	6,55±1,40	4,68±1,22	pI-II=0,644 pII-III<0,001
E/e ЛЖ	9,1±3,1	9,83±6,47	11,29±6,54	pI-II=0,713 pII-III=0,982
ПД 5к, %	21,05±3,07	17,82±2,09	15,16±3,08	pI-II<0,001 pII-III<0,001
ПД 4к, %	20,68±2,61	18,24±2,38	15,35±3,04	pI-II<0,001 pII-III<0,001
ПД 2к, %	21,18±2,69	20,57±2,99	18,82±3,80	pI-II=0,565 pII-III=0,046
ГПД ЛЖ, %	20,7±2,1	19,76±1,96	16,82±2,64	pI-II=0,062 pII-III<0,001
S ПЖ, см/с	12,0±1,6	9,82±2,98	5,32±1,17	pI-II=0,034 pII-III<0,001
E/e ПЖ	6,8±2,2	7,12±5,39	8,35±4,28	pI-II=0,472 pII-III=0,334
ГПД ПЖ, %	28,42±1,69	21,74±1,95	18,91±2,14	pI-II=0,001 pII-III=0,001

Проведенный анализ показал отрицательную корреляцию времени ИК и ПА и ГПД ЛЖ в послеоперационном периоде ($p=-0,390$ $p=0,044$ и $p=-0,390$ $p=0,045$, соответственно). Определена корреляция для ГПД ПЖ в раннем послеоперационном периоде с длительностью ИК ($p=-0,392$ $p=0,048$), но не временем пережатия аорты ($p=0,231$) (рисунок 9).

При сравнении деформационных показателей миокарда ЛЖ и ПЖ, полученных методом спекл-трекинг, у детей с ТМА в раннем послеоперационном периоде, распределенных по группам в соответствии со

стадией НК по классификации Белоконов Н.А. установлено статистически значимое отличие ГПД ЛЖ ($p=0,011$), но не ГПД ПЖ ($p=0,541$) (таблица 10).

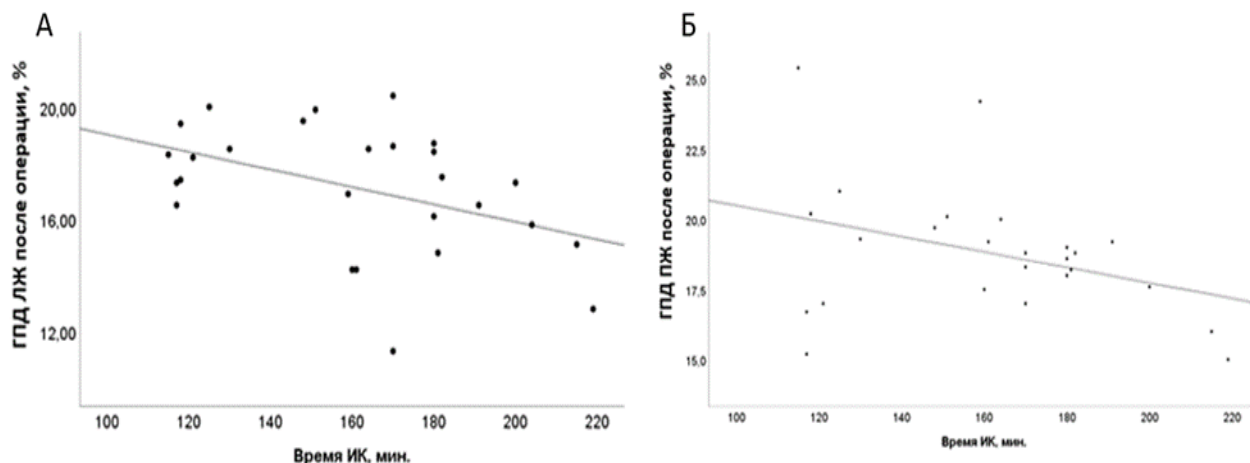


Рисунок 9. Диаграмма рассеяния. Корреляция времени ИК у детей с ТМА в раннем периоде после операции АП. А) и ГПД ЛЖ ($\rho = -0,390$ $p=0,044$). Б) и ГПД ПЖ ($\rho = -0,392$ $p=0,048$).

Таблица 10. Глобальные продольные деформации миокарда ЛЖ и ПЖ у детей с ТМА в раннем послеоперационном периоде, сгруппированных по классификации Белоконов Н.А.

Показатели	НК 2А (n=19)	НК 2Б (n=11)	p
ГПД ЛЖ, %	17,83±1,81	15,14±3,12	p=0,011
ГПД ПЖ, %	18,33±2,29	19,21±1,83	p=0,541

Группа 4Б. Дети после анатомической коррекции ТМА в отдаленном послеоперационном периоде. На момент исследования у детей ФВ ЛЖ составила $66,4 \pm 4,4\%$. В зависимости от морфометрии ЛЖ у детей исследуемой группы выявлены варианты ремоделирования: концентрическое – у 14 (17,7%) детей; эксцентрическое – у 24 (30,3%); эксцентрическая гипертрофия – у 7 (8,8%) детей.

Значения ГПД ЛЖ и ГЦД ЛЖ статически значимо были ниже в сравнении с показателями здоровых детей ($p=0,009$; $p=0,002$) (таблица 11). Статистически значимые отличия имели показатели ТД и маркер глобальной сократимости как для ЛЖ, так и для ПЖ. Не выявлено статистически значимой корреляции ГПД

ЛЖ, ГЦД ЛЖ и ГПД ПЖ у детей в отдаленном послеоперационном периоде после анатомической коррекции ТМА с ФВ на 1 сутки после операции и особенностями интра- и послеоперационного периода.

Таблица 11. Функциональное состояние миокарда ЛЖ и ПЖ у детей в отдаленном периоде после анатомической коррекции ТМА в сравнении со здоровыми детьми.

Показатели	Дети в отдаленный период после АП (n=78)	Здоровые дети (n=30)	p
	Ср. зн. ± Ст. откл. (мин-макс)	Ср.зн. ±Ст.откл.	
Возраст, лет	11,34±3,02 (7-17)	9,7±5,6	0,086
ПД 5к	18,93±2,56 (10,4-22,6)	20,87±2,48	0,003
ПД 4к	18,79±4,15 (8,3-21,1)	21,19±1,71	0,016
ПД 2к	19,32±3,01 (13,3-24,5)	20,94±2,40	0,036
ГПД ЛЖ	18,14±2,43(13,7-22,8)	21,01±1,87	0,009
ЦД БС	18,49±4,03 (13,8-26,1)	-	-
ЦД СС	19,87±5,26 (11,5-37,1)	-	-
ЦД ВС	19,65±3,33 (14,5-27,9)	-	-
ГЦД ЛЖ	19,11±4,05 (13,1-27,0)	22,3±2,42*	0,002
ГПД ПЖ	21,75±3,08 (18,4-24,3)	22,3±1,82 [#]	0,882
S ЛЖ, см/с	11,32±3,25 (8,2-12,6)	9,2±1,5	0,008
e ЛЖ, см/с	14,87±4,16 (10,4-18,3)	17,4±4,6	0,023
S ПЖ, см/с	12,25±3,76 (8,0-14,5)	13,1±1,4	0,349
e ПЖ, см/с	12,33±2,75 (6,3-16,4)	15,4±2,4	<0,001
MAPSE, мм	11,02±2,41(7,0-17,0)	10,71±1,49	0,614
TAPSE, мм	19,36±3,58 (8,0-25,0)	19,23±1,83	0,909
E/e ЛЖ	6,38±2,57 (4,45-8,63)	7,1±1,5	0,244
E/e ПЖ	3,38±1,08 (2,31-8,76)	5,1±1,8	<0,001
МРІ ЛЖ	0,41±0,13 (0,28-0,62)	0,34±0,09	0,033
МРІ ПЖ	0,44±0,13 (0,21-0,68)	0,33±0,05	<0,001
* - нормативы взяты из Levy P.T. et al., 2016; # - рассчитанная должная ГПД ПЖ			

22 детям по клиническим данным и ишемическим изменениям на ЭКГ выполнена коронароангиография. Гемодинамически незначимые стенозы (<50%) найдены у 11 детей, многососудистое поражение - у 3 детей. У 6 пациентов обнаружены гемодинамически значимые стенозы коронарных артерий, 1 пациент из них имел устьевой стеноз. У 1 ребенка 14 лет с ФК СН III на коронарографии выявлена единая коронарная артерия с окклюзией огибающей ветви и коллатеральным ее заполнением, ФВ ЛЖ до 25%. Ребенку

был имплантирован искусственный желудочек сердца Heart MATE III (случай был исключен из исследования).

У детей в отдаленном периоде после анатомической коррекции ТМА с гемодинамически значимыми стенозами коронарных артерий и многососудистым поражением по данным коронарографии в сравнении со здоровыми детьми значения ГПД ЛЖ статически значимо были снижены в покое. Статистически значимые отличия также имели только маркер глобальной сократимости как для ЛЖ, так и для ПЖ и экскурсия фиброзного кольца трикуспидального клапана (TAPSE) (таблица 12).

Были выявлены случаи отсутствия снижения сегментарной и глобальной продольной деформации ЛЖ у детей при развитии гемодинамически значимых стенозов одной из коронарных артерий в отдаленном послеоперационном периоде, в связи с развитием компенсаторных межкоронарных анастомозов (рисунок 10).

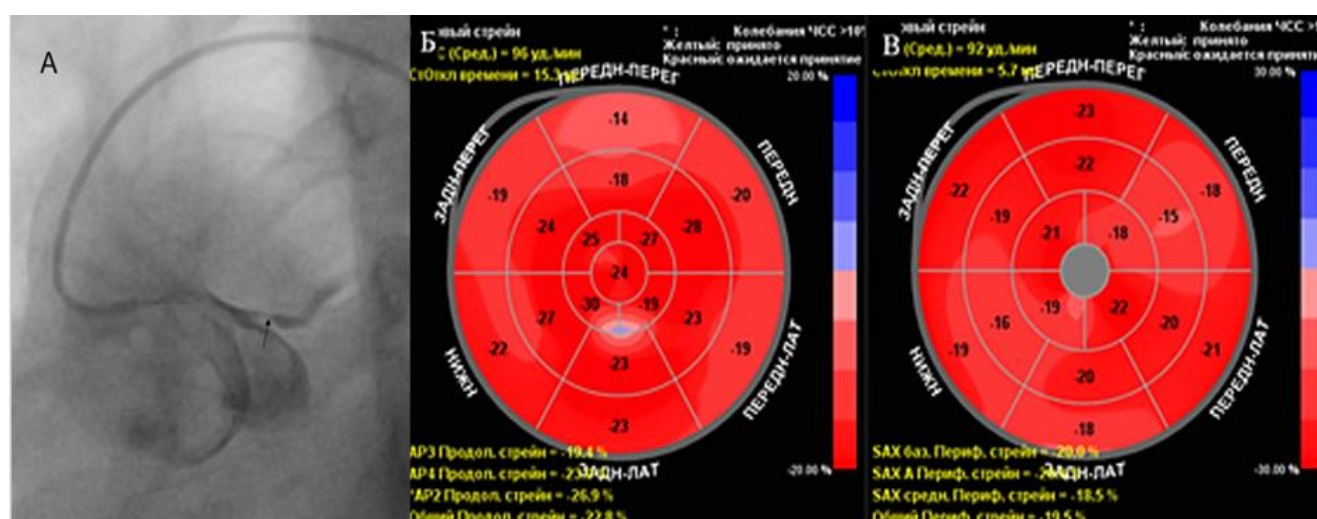


Рисунок 10. Мультимодальная диагностика у ребенка 14 лет в отдаленном послеоперационном периоде после анатомической коррекции ТМА. А) Селективная коронарография. Устьевой стеноз ЛКА указан стрелкой. Б) Метод спекл-трекинг. ГПД в норме и равна – «-» 22,8%. В) Метод спекл-трекинг. ГЦД в норме и равна – «-» 19,5%.

МРТ сердца выполнено 16 детям. У 14 детей в отсроченную фазу сканирования выявлены изменения в миокарде ЛЖ неишемического генеза, у 2 – ишемического генеза. Максимальные фиброзные изменения обнаружены по передне-перегородочному сегменту на базальном и среднем уровне.

Таблица 12. Функциональное состояние миокарда ЛЖ и ПЖ у детей в отдаленном периоде после анатомической коррекции ТМА с гемодинамически значимыми стенозами коронарных артерий и многососудистым поражением по данным коронарографии в сравнении со здоровыми детьми.

Показатели	Дети в отдаленный период после АП с КАГ (n=10)	Здоровые дети (n=30)	p
	Ср.зн. ± Ст.откл.(мин-макс)	Ср.зн. ± Ст.откл.	
Возраст, лет	10,43±4,21 (9-15)	9,7±5,6	0,734
ПД 5к	19,21±2,16 (14,5-22,6)	20,87±2,48	0,086
ПД 4к	18,38±4,23 (13,8-21,5)	21,19±1,71	0,019
ПД 2к	19,80±4,56 (15,0-23,8)	20,94±2,40	0,367
ГПД ЛЖ	18,71±3,59 (16,2-22,4)	21,01±1,87	0,045
ЦД БС	20,40 ±3,45 (17,2-24,1)	-	-
ЦД СС	19,84±4,79 (16,8-30,2)	-	-
ЦД ВС	18,69±5,46 (18,7-24,6)	-	-
ГЦД ЛЖ	19,74±4,82 (16,9-24,7)	22,3±2,42*	0,067
S ЛЖ, см/с	10,55±2,49 (8,0-11,5)	9,2±1,5	0,084
e ЛЖ, см/с	15,37±4,54 (12,0-17,4)	17,4±4,6	0,271
S ПЖ, см/с	11,35±4,86 (8,7-15,5)	13,1±1,4	0,161
e ПЖ, см/с	14,56±3,28 (8,3-16,0)	15,4±2,4	0,445
MAPSE, мм	10,11±3,06 (7,0-17,0)	10,71±1,49	0,725
TAPSE, мм	17,05±3,09 (8,0-21,0)	19,23±1,83	0,023
E/e ЛЖ	8,58±2,82 (4,86-9,15)	7,1±1,5	0,079
E/e ПЖ	4,51±1,89 (3,88-7,86)	5,1±1,8	0,414
МРІ ЛЖ	0,42±0,15 (0,30-0,58)	0,34±0,09	0,031
МРІ ПЖ	0,43±0,11 (0,29-0,56)	0,33±0,05	0,003
* - нормативы взяты из Levy P.T. et al., 2016			

По данным однофакторного регрессионного анализа снижение сегментарной продольной ЛЖ позволяет прогнозировать фиброз миокарда, верифицированный методом МРТ ($\beta=-0,447$, $p<0,001$), для сегментарной циркулярной деформации прогностической связи получено не было ($\beta=-0,103$, $p=0,058$).

При сопоставлении 17 сегментарных карт спекл-трекинг ЭхоКГ продольной деформации ЛЖ с аналогичными картами локализации фиброза по данным МРТ была выявлена предсказательная ценность сегментарного снижения продольной деформации ЛЖ с AUC равной 0,732 (ДИ 0,623-0,842) с точкой «cut-off» 15,5% с чувствительностью 86,4% и специфичностью 59,9%, $p=0,002$ (рисунок 11).

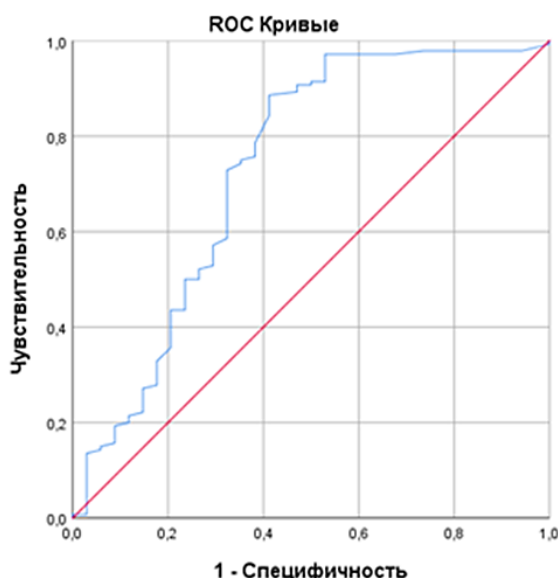


Рисунок 11. ROC кривая. Прогноз фиброза миокарда ЛЖ, верифицированного МРТ у детей в отдаленном периоде после анатомической коррекции ТМА при снижении сегментарной продольной деформации ЛЖ менее 15,5% с чувствительностью 86,4% и специфичностью 59,9%, $p=0,002$. Площадь под кривой 0,732 (ДИ 0,623-0,842).

При сравнении ГПД ЛЖ и ГЦД ЛЖ у детей в отдаленном периоде после анатомической коррекции ТМА, распределенных по группам в соответствии с ФК СН по Ross R.D. установлено статистически значимое отличие ГЦД ЛЖ, но не продольной ($p=0,023$, $p=0,347$) (таблица 13).

Таблица 13. ГПД и ГЦД миокарда ЛЖ, полученные методом спекл-трекинг, у детей в отдаленном периоде после коррекции КА, сгруппированных по классификации. Ross R.D.

Показатели	ФК СН I (n=48)	ФК СН II (n=30)	p
ГПД ЛЖ, %	18,19±2,64	18,62±1,17	0,347
ГЦД ЛЖ, %	18,85±2,52	16,9±1,47	0,023

ВЫВОДЫ

1. ГПД ЛЖ здоровых детей в возрасте до 17 лет не зависит от антропометрических данных и в среднем имеет значение в абсолютных цифрах 21%. Для ГПД ПЖ определено уравнение в зависимости от ППТ: $\text{ГПД ПЖ} = 48,214 - 78,904 * \text{ППТ} + 72,086 * \text{ППТ}^2 - 20,825 * \text{ППТ}^3$, точность модели составляет $r=0,669$, $p<0,001$.
2. У детей с ВПС с СН, обусловленной коронарной патологией, на примере АОЛКА от ЛА, средние значения ГПД и ГЦД миокарда ЛЖ снижены исходно ($p<0,001$) и полностью не восстанавливаются в раннем ($p=0,212$) и отдаленном послеоперационном периоде ($p=0,386$); средние значения ГПД ПЖ снижены в сравнении со здоровыми детьми на всех этапах кардиохирургического лечения ($p<0,05$).
3. У детей с ВПС с СН, обусловленной гемодинамическими изменениями, на примере КА, в отдаленном послеоперационном периоде выявлена отрицательная корреляция значения ГСД на перешейке аорты с ГПД ПЖ ($r=-0,442$, $p=0,025$), а также различие значений ГПД ПЖ в группах с вариантной анатомией аортальных дуг ($p<0,017$).
4. У детей с ВПС с СН, обусловленной и гемодинамическими и коронарными изменениями, на примере ТМА (исходно без сопутствующей патологии) средние значения продольной деформации имеют нормальные значения ($p=0,062$); в раннем послеоперационном периоде степень снижения ГПД ЛЖ и ПЖ коррелирует с длительностью ИК ($r=-0,390$, $p=0,045$; $r=-0,392$, $p=0,048$, соответственно), а ГПД ЛЖ полностью не восстанавливается в отдаленном послеоперационном периоде ($p=0,009$).
5. У младенцев с СН, обусловленной коронарной патологией, на примере АОЛКА от ЛА, ГПД и ГЦД миокарда ЛЖ коррелировала со скоростью движения ФК МК (S), маркером глобальной сократимости ЛЖ ($r=0,549$; $p=0,002$; $r=0,696$;

$p < 0,001$; $\rho = -0,421$; $p = 0,021$; $\rho = -0,513$; $p = 0,010$, соответственно). На других моделях СН статистически значимых корреляций получено не было.

6. У детей с ВПС с СН, обусловленной коронарными, гемодинамическими и комбинированными изменениями, в отдаленном послеоперационном периоде снижение ГПД ЛЖ менее 9,5%; 14,7%; 15,5% позволяет прогнозировать фиброз миокарда, верифицированный методом МРТ с чувствительностью 68,3%; 66,5%; 86,4% и специфичностью 59,4%; 62,6%; 59,9%, соответственно ($p = 0,001$; $p = 0,001$; $p = 0,002$).

7. У детей с ВПС с СН, обусловленной коронарными, гемодинамическими и комбинированными изменениями, в ближайшем послеоперационном периоде тяжесть функционального класса соответствует более низким значениям ГПД ЛЖ; а в отдаленном послеоперационном периоде – более низким значениям ГЦД ЛЖ и ГПД ПЖ ($p < 0,05$).

8. У детей с ВПС в дооперационном, раннем и отдаленном послеоперационном периодах включение в алгоритм обследования регистрации показателей продольной и циркулярной деформации миокарда ЛЖ, продольной деформации ПЖ позволяет выявлять субклиническую дисфункцию миокарда, -прогнозирует течение раннего послеоперационного периода и темпы восстановления функции миокарда.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для улучшения выявления СН у детей с ВПС на различных этапах кардиохирургического лечения наряду с клиническими данными и традиционно применяемыми ЭхоКГ методами определения систолической и диастолической функции желудочков сердца в комплексный алгоритм обследования рекомендуется включать оценку деформации миокарда.

2. Для определения нормального значения ГПД ПЖ у детей с учетом антропометрических данных рекомендуется использовать уравнение:

$$\text{ГПД ПЖ} = 48,214 - 78,904 * \text{ППТ} + 72,086 * \text{ППТ}^2 - 20,825 * \text{ППТ}^3.$$

3. У детей с возможным развитием СН, обусловленной коронарной патологией, при развитии гемодинамически значимых стенозов одной из коронарных артерий в отдаленном послеоперационном периоде, регистрация ухудшения продольной и циркулярной деформации, при исследовании в покое, может быть затруднена в связи с развитием компенсаторных межкоронарных анастомозов. Поэтому при катамнестическом наблюдении рекомендуется проводить обследование методом спекл-трекинг с использованием нагрузочных тестов.
4. При наличии в дооперационном периоде у детей с АОЛКА от ЛА значения ГПД ЛЖ меньше 6,2% и циркулярной деформации меньше 10,8%, оцененными методом спекл-трекинг, рекомендуется предусмотреть возможность постановки экстракорпоральной мембранной оксигенации по окончании хирургической коррекции порока.
5. У детей с возможным развитием СН, обусловленной коронарной патологией в отдаленном послеоперационном периоде при регистрации сегментарной продольной деформации миокарда ЛЖ ниже 9,5% более 3 сегментов рекомендуется рассмотреть возможность проведения МРТ для оценки степени фиброза миокарда и последующего назначения компенсаторной медикаментозной терапии.
6. У детей в отдаленном периоде после устранения КА с вероятным развитием СН при невозможности применения метода спекл-трекинг рекомендуется рассчитывать ГПД миокарда ПЖ по формуле:
$$\text{ГПД ПЖ} = 28,292 - 0,143 * \text{среднее пульсовое АД}; (p=0,022).$$
7. У детей в отдаленном послеоперационном периоде с возможным развитием СН, обусловленной гемодинамическими изменениями, при регистрации сегментарной продольной деформации миокарда ЛЖ менее 14,7% в абсолютных цифрах более чем в 3 сегментах рекомендуется рассмотреть возможность проведения МРТ для определения степени фиброза миокарда и назначения компенсаторной медикаментозной терапии.

8. У детей в отдаленном послеоперационном периоде с вероятным развитием СН, обусловленной коронарными и гемодинамическими изменениями, при регистрации сегментарной продольной деформации миокарда ЛЖ менее 15,5% в абсолютных цифрах более чем в 3 сегментах рекомендуется рассмотреть возможность проведения МРТ для определения степени фиброза миокарда и назначения компенсаторной медикаментозной терапии.

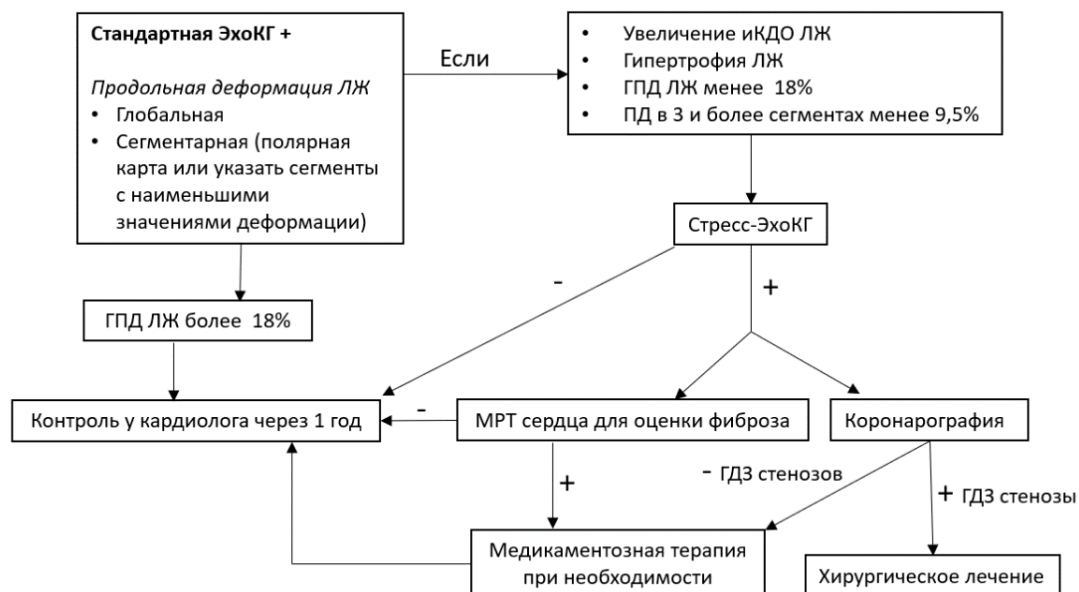
9. При нормальных значениях деформации миокарда ЛЖ следует анализировать полярные карты согласно сегментарным моделям строения для обнаружения областей с наименьшими значениями деформации, которые могут соответствовать наибольшей гипертрофии и фиброзу миокарда ЛЖ, а также для принятия клинического решения необходимо учитывать ремоделирование ЛЖ.

Комплексные алгоритмы оценки СН у детей с ВПС на различных этапах кардиохирургического лечения с интегрированными показателями деформации миокарда ЛЖ и ПЖ

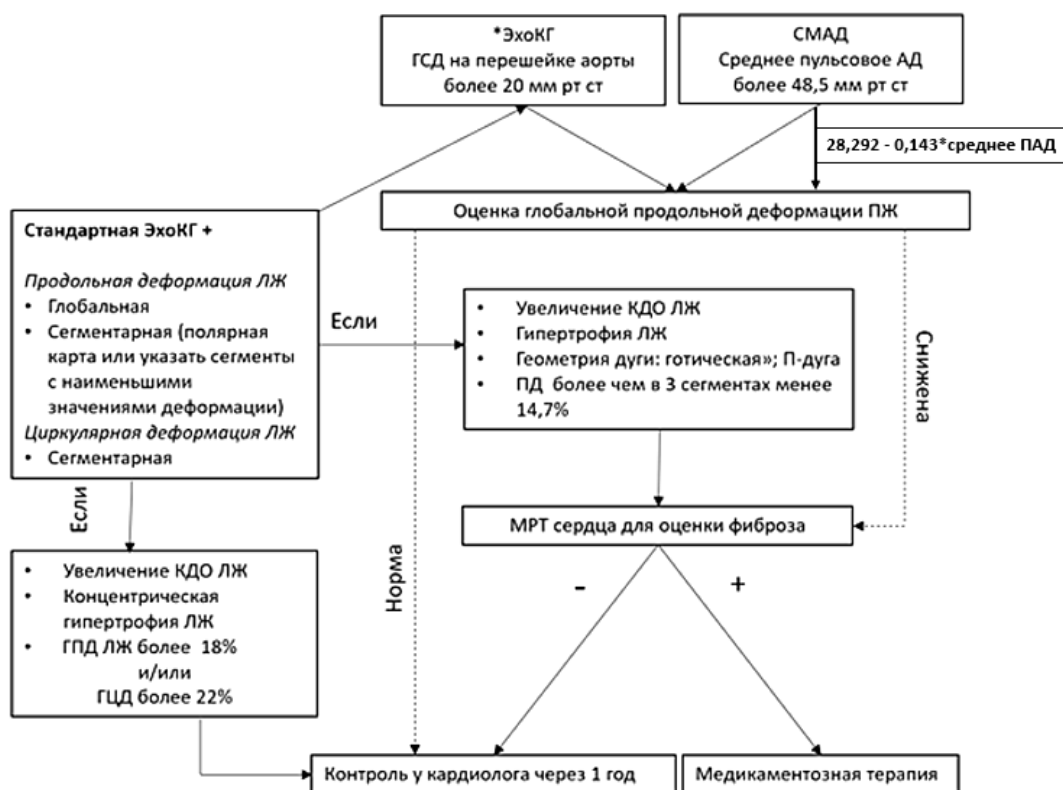
Диагностический объем обследования детей с АОЛКА от ЛА с СН в периоперационном периоде по коррекции порока:



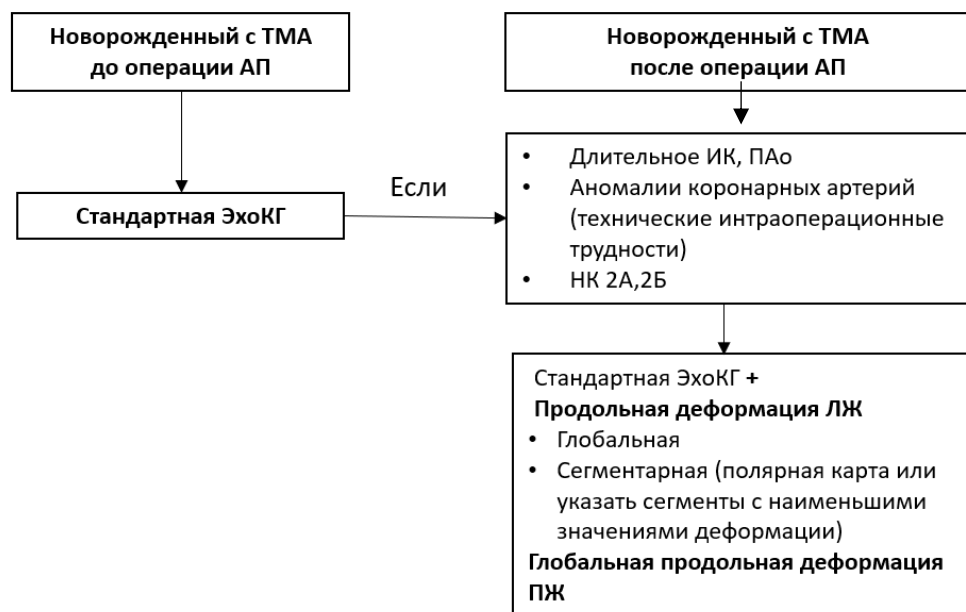
Диагностический объем обследования детей с АОЛКА от ЛА с/без СН, оцененной по клиническим шкалам, в отдаленном периоде после коррекции порока:



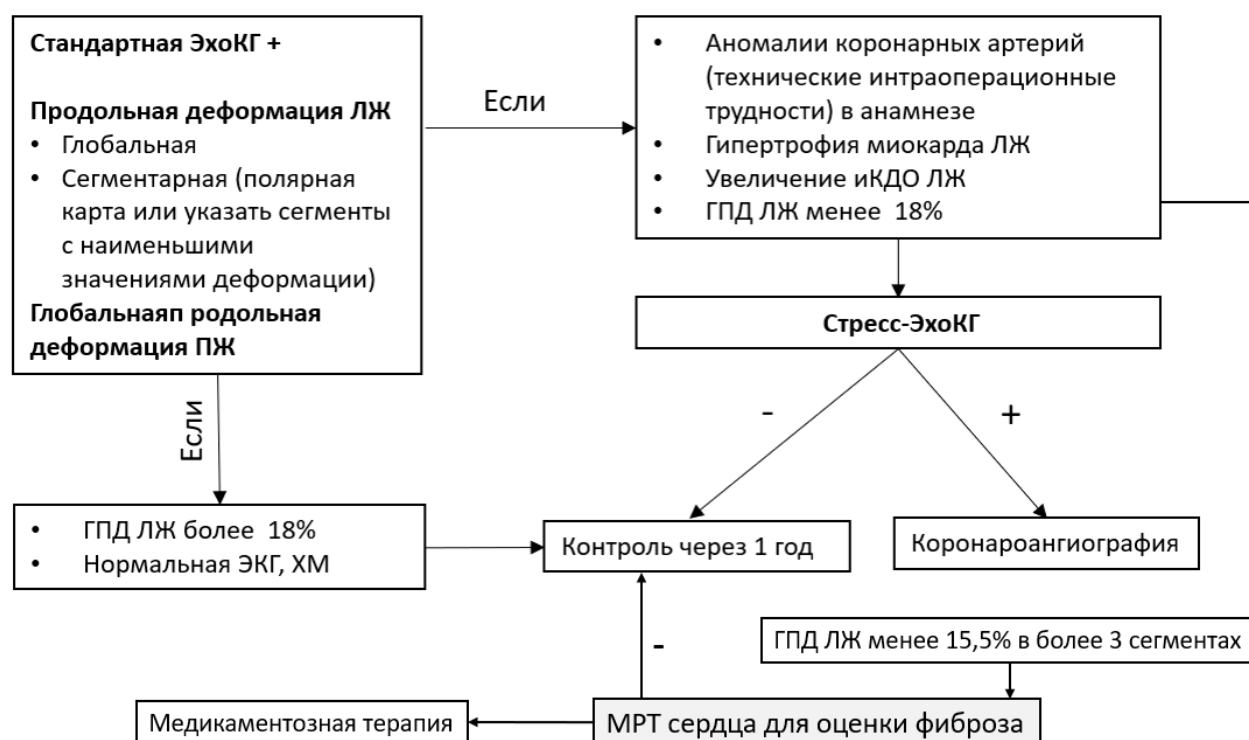
Диагностический объем обследования детей с/без СН, оцененной по клиническим шкалам, в отдаленном периоде после коррекции КА:



Диагностический объем обследования новорожденных с ТМА с СН до и после анатомической коррекции порока:



Диагностический объем обследования детей с ТМА с/без СН по данным клинических шкал в отдаленном периоде после анатомической коррекции порока:



СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Недоношенность – фактор риска развития ранней сердечной недостаточности / И. Ю. Барышникова, Р. М. Гасанова // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. - 2024. - Т. 25, № 2. - С. 107-113.
2. Эхокардиографическая методика speckle tracking в определении фиброза у детей после коррекции аномального отхождения левой коронарной артерии от легочной артерии в отдаленном послеоперационном периоде / И. Ю. Барышникова, О. Ю. Дарий, А. М. Ванеева, Т. В. Рогова, К. А. Кожушная, А. Ю. Заварина, И. П. Асланиди // Медицинская визуализация. – 2024. – Т. 28, №2 – С. 43-53.
3. Оценка функции миокарда желудочков у детей в отдаленном периоде после операции Росса по данным speckle tracking эхокардиографии / А. М. Ванеева, И. Ю. Барышникова, К. В. Шаталов, Э. А. Шахназарян, М. А. Абдуразаков // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2024. – Т. 66, № 3. – С. 360-368.
4. Эхокардиография / И. Ю. Барышникова, А. А. Шмальц. Глава в книге «Диагностика легочной гипертензии при врожденных пороках сердца» под редакцией С. В. Горбачевский, А. А. Шмальц // Москва. Из-во: НЦССХ им А.Н. Бакулева. – 2023. – С. 35-52.
5. Echocardiography / I. Y. Baryshnikova. In: K. V. Shatalov, K. M. Dzhidzhikhiya (eds). Double-Outlet Right Ventricle. // Springer. – 2023. – P. 107-127.
6. Недоношенный ребенок с врожденным пороком сердца: перинатальные факторы риска развития кардиохирургических осложнений / И. Ю. Барышникова, Р. М. Гасанова // Детские болезни сердца и сосудов. – 2023. – Т. 4, № 20. – С. 235-241.
7. Одномоментная коррекция стеноза аортального клапана и недостаточности митрального клапана после ранее выполненной

трансслюминальной баллонной вальвуластики аортального стеноза / А. И. Ким, А. Е. Черногринов, С. В. Калашников, И. Е. Нефедова, И. Ю. Барышникова // Детские болезни сердца и сосудов. – 2022. – Т. 19, № 4. – С. 335-341.

8. Функциональное состояние миокарда желудочков сердца у новорожденных с простой транспозицией магистральных артерий до и после операции артериального переключения / И. Ю. Барышникова, Р. А. Шарипов, С. В. Калашников, И. Е. Нефедова, Д. О. Беришвили, Л. А. Бокерия // Детские болезни сердца и сосудов. – 2022. – Т. 19, № 3. – С. 206-212.

9. Векторное картирование кровотока в дуге аорты / И. Ю. Барышникова, Л. А. Юрпольская, Е. З. Голухова // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2022. – Т. 64, №6. – С. 688-692.

10. Клиническое применение эхокардиографической методики speckle tracking для оценки функции левого желудочка у пациентов с врожденными пороками сердца / И. Ю. Барышникова, А. М. Ванеева // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2022. – Т. 64, № 4. – С. 370-377.

11. Ультразвуковая семиотика редких врожденных аномалий левого желудочка и митрального клапана: краткий иллюстрированный обзор литературы / А. М. Ванеева, И. Ю. Барышникова, М. Ю. Мироненко // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2022. – № 3. – С. 30-40.

12. Диагностика легочной гипертензии, ассоциированной с врожденными пороками сердца. Часть 2. Эхокардиография / И. Ю. Барышникова, А. А. Шмальц // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2021. – Т. 66, № 6. – С. 23-32.

13. Посттравматическая окклюзия правой коронарной артерии у пациента с транспозицией магистральных артерий: результаты мультимодальной диагностики в отдаленном послеоперационном периоде / И. Ю. Барышникова, И. Е. Нефедова, Д. О. Беришвили, Л. А. Бокерия // Бюллетень НЦССХ им. А.Н.

Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. – 2021. - Т. 22, № 6. – С. 695-699.

14. Стратегия и результаты лечения атрезии легочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой / С. В. Калашников, И. Ю. Барышникова, А. Э. Тагаев, И. Е. Нефедова // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. – 2021. – Т. 22, № 5. – С. 530-543.

15. Современные ультразвуковые технологии в лечебно-диагностическом процессе Национального медицинского исследовательского центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева / М. Ю. Мироненко, Т. И. Косарева, И. Ю. Барышникова // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. – 2021. – Т. 22, № 3. – С. 352-363.

16. Эхокардиография / И. Ю. Барышникова. Глава в книге «Отхождение аорты и легочной артерии от правого желудочка». К. В. Шаталов, К. М. Джиджихия // Москва. БИНОМ. – 2021. – С.139-161.

17. Эхокардиография в диагностике аномального отхождения брахиоцефальных сосудов от легочной артерии / О. Е. Захарова, В. В. Плахова, И. Ю. Барышникова // Детские болезни сердца и сосудов. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 283-287.

18. Simple transposition of the great arteries with total anomalous pulmonary veins connection (infracardiac form): case report / L. A. Bockeria, D. O. Berishvilli, I. E. Nefedova, D. B. Barinstein, I. Y. Baryshnikova, A. A. Esayan // Revista Latinoamericana de Hipertension. – 2019. – Т. 14, № 6. – P. 688-690.

19. Прогнозирование коронарогенных осложнений в отдаленном периоде после операции артериального переключения / Л. А. Бокерия, И. Е. Нефедова, Д. О. Беришвили, И. Ю. Барышникова // Georgian Medical News. – 2019. – Т. 1, № 286. – С. 1-7.

20. Осложнения в отдаленном периоде после операции артериального переключения / Л. А. Бокерия, И. Е. Нефедова, Д. О. Беришвили, И. Ю.

Барышникова, А. А. Есаян, Д. В. Адкин // Детские болезни сердца и сосудов. – 2019. – Т. 16, № 1. – С. 16-24.

21. Факторы, влияющие на развитие дилатации корня неоаорты в отдаленном периоде после операции артериального переключения / Л. А. Бокерия, И. Е. Нефедова, Д. О. Беришвили, И. Ю. Барышникова // Детские болезни сердца и сосудов. – 2019. – Т. 16, № 2. – С. 95-101.

22. Факторы риска развития неврологических осложнений в отдаленном периоде после операции артериального переключения / И. Е. Нефедова, А. В. Ваничкин, И. Ю. Барышникова, О. Ю. Дарий // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. – 2019. – Т. 20, № 1. - С. 54-60.

23. Предикторы развития недостаточности клапана неоаорты после операции артериального переключения / Л. А. Бокерия, И. Е. Нефедова, Д. О. Беришвили, И. Ю. Барышникова, А. В. Адкин. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2019. – Т. 61, № 1. – С. 21-26.

24. Отдаленные результаты операции артериального переключения при транспозиции магистральных артерий с единственной коронарной артерией / И. Е. Нефедова, Д. О. Беришвили, М. Г. Пурсанов, И. Ю. Барышникова, А. А. Есаян // Детские болезни сердца и сосудов. – 2018. – Т. 15, № 4. – С. 224-230.

25. Трехмерная эхокардиография в оценке хирургической анатомии системного атриовентрикулярного клапана у пациентов с функционально единственным желудочком сердца / В. В. Плахова, И. Ю. Барышникова, Д. В. Ковалёв, И. А. Юрлов, Н. С. Чикин // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. – 2018. – Т. 19, № 1. – С. 56-62.

26. Аномальное отхождение коронарных артерий от аорты у ребенка с дефектом межжелудочковой перегородки / Д. О. Беришвили, И. Ю. Барышникова, Р. А. Шарипов, А. В. Ильина // Детские болезни сердца и сосудов. – 2017. – Т. 14, № 2. – С. 117-119.

27. Возможности эхокардиографии в эндоваскулярной хирургии врожденных пороков сердца / В. В. Плахова, И. Ю. Барышникова // В книге: Рентгенэндоваскулярная хирургия. Национальное Руководство. В 4-х томах. Под редакцией Б.Г. Алекаяна. – 2017.
28. Современные методы визуализации в детской кардиохирургии. Глава в книге Детская кардиохирургия / И. Ю. Барышникова // Руководство для врачей. Под редакцией Л. А. Бокерия, К. В. Шаталова. - Москва. Из-во НЦССХ им А.Н. Бакулева. – 2016. – С. 55-81.
29. Анастомоз Поттса у детей с легочной гипертензией: 7 операций в одной клинике и обзор мирового опыта / С. В. Горбачевский, А. А. Шмальц, М. В. Белкина, М. А. Гренадеров, И. Ю. Барышникова, М. Г. Пурсанов, Ф. Э. Татарян, А. И. Горчакова // Детские болезни сердца и сосудов. – 2016. – Т. 13, № 4. – С. 189-198.
30. Некротический энтероколит у новорожденных с врожденными пороками сердца в послеоперационном периоде / Д. В. Адкин, Д. Б. Баринштейн, И. Е. Нефедова, И. Ю. Барышникова, Д. О. Беришвили // Детские болезни сердца и сосудов. – 2016. – Т. 13, № 4. С. 208-215.
31. Дивертикул левого желудочка в сочетании с общим открытым атриовентрикулярным каналом / И. Е. Нефёдова, И. Ю. Барышникова, Д. О. Беришвили, К. В. Мумладзе // Детские болезни сердца и сосудов. – 2014. – № 3. С. 50-53.
32. Крупные коронаросердечные фистулы у грудных детей / И. Ю. Барышникова, Д. О. Беришвили, В. Н. Макаренко, И. Е. Нефедова // Детские болезни сердца и сосудов. – 2014. – № 4. – С. 42-46.
33. Функция левого желудочка в отдаленном послеоперационном периоде у пациентов с аномальным отхождением левой коронарной артерии от легочного ствола / Т. В. Рогова, И. Ю. Барышникова, М. А. Владимирская, Л. С. Назарян // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2013. – Т. 6, № 3. – С. 64-67.

34. Двухжелудочковая реконструкция после гибридного 1 этапа при обструктивных поражениях левого сердца / Л.А. Бокерия, В. П. Подзолков, И. Ю. Барышникова, Е. Б. Симогаева, Д. О. Беришвили // Детские болезни сердца и сосудов. 2013. № 4. С. 32-37.
35. Аномальное отхождение левой коронарной артерии у пациента с декстрокардией и синдромом гипоплазии левого сердца / И. Ю. Барышникова, Д. О. Беришвили, А. Э. Тагаев, А. В. Соболев // Детские болезни сердца и сосудов. – 2013. – № 2. – С. 41-44.