



СМОРГОН АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ СЕРДЦА У ДЕТЕЙ С ДЕФЕКТАМИ МЕЖПРЕДСЕРДНОЙ
ПЕРЕГОРОДКИ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ ТЕЧЕНИИ И ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОЙ
КОРРЕКЦИИ**

3.1.20. Кардиология (медицинские науки)

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте кардиологии – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук».

Научный руководитель:

Доктор медицинских наук, профессор **Соколов Александр Анатольевич**

Официальные оппоненты:

**Сойнов
Илья
Александрович** доктор медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, научно-исследовательский отдел врожденных пороков сердца института патологии кровообращения, заведующий отделом

**Халивопуло
Иван
Константинович** кандидат медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», отделение кардиохирургии №2, заведующий отделением

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

Защита состоится «___» _____ 2026 года в _____ часов на заседании диссертационного совета 24.1.215.04, созданного на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук» по адресу г. Томск, ул. Киевская 111а, Научно-исследовательский институт кардиологии.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», адрес сайта <http://tnimc.ru/>

Автореферат разослан «___» _____ 2026 года

Ученый секретарь диссертационного совета, доктор медицинских наук



Гракова Елена Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы и степень разработанности темы исследования

Большинство сердечно-сосудистых заболеваний клинически распознаются лишь при снижении насосной функции сердца. Сердце неспособно обеспечивать адекватный кровоток в организме. Снижение насосной функции сердца приводит к развитию сердечной недостаточности. В то время как сложные механизмы компенсации, связанные с перестройкой внутрисердечной гемодинамики, определяются гораздо раньше [Stout K.K. et al, 2016].

Основные заболевания в детском возрасте, приводящие к развитию сердечной недостаточности, – это врожденные пороки сердца, аритмии, артериальная гипертензия. Врожденные пороки сердца (ВПС) встречаются в достаточно определенном количестве 6-8 на 1000 живорожденных детей во всех странах. Частота встречаемости не зависит от степени благополучия государства и еще каких-либо факторов [Hanséus K. et al, 2002]. В тоже время смертность и инвалидизация определяются уровнем социализации общества, его материальным и интеллектуальным вкладом в здравоохранение. Врожденные пороки сердца являются важной медико-социальной проблемой, так как вносят существенный вклад в показатели детской смертности, приводят к инвалидности, требуют значительных экономических затрат на хирургическую коррекцию, на социальную помощь детям-инвалидам [Thomas L. et al, 2007].

Прогрессирование ВПС и малая эффективность консервативного лечения определяют необходимость хирургической коррекции, эффект которой во многом определяется своевременностью направления пациента на оперативное вмешательство. Переносимость и эффективность операции зависит от степени выраженности ремоделирования: увеличения полостей, изменения геометрии сокращения, нарушения взаимосвязей между различными компонентами желудочков.

Все врожденные пороки сердца приводят к изменению структуры и функции сердечной мышцы [Hajizeinali A. et al, 2019]. Структурно функциональная перестройка сердца в процессе его адаптации к изменяющимся условиям функционирования характеризуется термином «ремоделирование сердца», которое принято считать универсальным для таких заболеваний сердечно сосудистой системы, как артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, первичное поражение миокарда, пороки сердца. Ремоделирование сердца – это его структурно-геометрические изменения, возникающие под действием патологического фактора и приводящие физиологическую и анатомическую норму к патологии. При разных ВПС действуют разные патологические факторы, при дефектах межпредсердной перегородки (ДМПП) – перегрузка объемов правых отделов [Cetta F. et al, 2010].

При дефекте межпредсердной перегородки происходит объемная перегрузка правых отделов сердца и легочного сосудистого русла. Это влечет за собой повышение давления в сосудах малого круга кровообращения и увеличение легочного сосудистого сопротивления. Морфофункциональные свойства желудочков взаимно детерминированы, при увеличении давления в правом желудочке (ПЖ) функциональные свойства и геометрия левого желудочка (ЛЖ) изменяются пропорционально нарастанию давления в малом круге кровообращения [Mađry W., et al, 2018].

Долгое время термин «ремоделирование сердца» относился только к пациентам с коронарной патологией и артериальной гипертензией. Термин введен в литературу N. Sharp в конце 1970-х гг. для обозначения структурных и геометрических изменений сердца после острого инфаркта миокарда. Артериальная гипертензия является причиной ремоделирования сердца, которое способно адаптироваться к длительному повышению давления развитием концентрической гипертрофии ЛЖ [Wu E.T. et al, 2007].

Врожденные пороки сердца по своей гемодинамической сути являются как бы своеобразными моделями различных вариантов гемодинамических нагрузочных тестов (объемной, резистивной, комбинированной). В ряде случаев именно при ВПС наиболее показательны и динамичны экстракардиальные факторы влияния гемодинамики на

структурно-функциональную перестройку сердца. Длительно существующие патологические внутрисердечные шунты приводят к дилатации камер и нарушению их функций, к функционированию дополнительных путей проведения, что в целом усугубляет имеющиеся расстройства. Если направленность гемодинамических изменений в определенной мере изучена, то структурно-геометрические свойства, а именно физиологическое ремоделирование сердца в детском возрасте, остаются недостаточно изученными [Mađry W. et al, 2008].

Наличие информации о процессах естественного течения ремоделирования сердца у детей с ДМПП позволит корректно оценить влияние изменений гемодинамики, обусловленных врожденным пороком сердца на ремоделирование сердца в раннем возрасте. Соответственно это позволит принять решение о своевременности коррекции ДМПП в сомнительных случаях. Несмотря на появление новых исследований, процесс ремоделирования сердца у детей разного возраста при ДМПП остается не до конца изученным. При этом важное значение имеет исследование роли обратного ремоделирования сердца. Таким образом, актуальность исследований, направленных на изучение влияния дефекта межпредсердной перегородки на процессы ремоделирования камер сердца, не вызывает сомнения.

Гипотеза исследования

Показатели ремоделирования камер сердца и деформации миокарда, оцениваемые современными эхокардиографическими методами, являются ранними и высокоинформативными маркерами гемодинамической значимости ДМПП у детей. Степень этих нарушений определяет скорость и полноту обратного ремоделирования после коррекции, что позволяет разработать на их основе новые объективные критерии для определения оптимальных сроков хирургического лечения и прогнозирования его исходов.

Цель работы

На основании комплексной эхокардиографической оценки установить закономерности ремоделирования сердца у здоровых детей в процессе онтогенеза и, в сравнении с ними, охарактеризовать исходы ремоделирования камер сердца у детей с дефектом межпредсердной перегородки на этапах естественного течения порока и после его хирургической коррекции.

Задачи исследования

1. Количественно оценить динамику геометрического и функционального ремоделирования миокарда левого и правого желудочков в онтогенезе и разработать комплекс нормативных эхокардиографических показателей для детей различных возрастных групп.
2. Охарактеризовать паттерны ремоделирования правых и левых отделов сердца у детей с дефектом межпредсердной перегородки при естественном течении порока и определить их взаимосвязь с объемом шунтирования крови и длительностью гемодинамической нагрузки.
3. Определить динамику и полноту обратного ремоделирования камер сердца у детей в раннем и отдаленном периодах после хирургической коррекции ДМПП в разных возрастных группах.
4. Сравнить механическую функцию и деформационные свойства предсердий у детей с ДМПП в условиях естественного течения порока и на этапах послеоперационного восстановления, установив диагностическую и прогностическую значимость данных параметров.
5. Установить взаимосвязь между нарушениями деформационных свойств камер сердца, гемодинамической значимостью ДМПП и особенностями их ремоделирования; на этой основе разработать критерии применения технологии speckle-tracking эхокардиографии для оценки тяжести и прогнозирования течения данного порока.

Методология и методы исследования

Для выполнения данной работы обследованы пациенты, которые находились на стационарном лечении в кардиохирургическом отделении № 2 Научно-исследовательского

института кардиологии (Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук) с 01.02.2021 по 01.12.2023. В исследование было включено 120 больных, прошедших хирургическую коррекцию ДМПП, а также 120 пациентов без сердечной патологии, включенных в группу сравнения. В качестве методологической и теоретической основы диссертационного исследования были использованы труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные изучению ремоделирования камер сердца у пациентов с ДМПП.

Контрольные точки исследования 7 дней и 12 месяцев после хирургической коррекции порока. Первая контрольная точка проводилась в условиях стационара, на вторую контрольную точку пациенты приходили амбулаторно.

Научная новизна

Впервые с использованием трансторакальной трехмерной эхокардиографии изучены объемы и контрактильность правого желудочка, представлены нормативы сократимости и объема правого желудочка у здоровых детей, показаны изменения фракции выброса правого желудочка на этапах оперативного лечения детей с ДМПП.

Установлено, что при естественном течении ДМПП у детей гетерометрическая ауторегуляция сердца характеризуется не только перегрузкой объемом правых камер, но и снижением преднагрузки левого желудочка.

Определены параметры правого желудочка в наибольшей степени характеризующие изменения сократимости и объема правого желудочка при дефекте межпредсердной перегородки.

Впервые оценены показатели диастолической функции у пациентов с ДМПП разных возрастных групп. Установлено явление транзиторной диастолической дисфункции левого желудочка, который не описывался ранее у детей младшего возраста (1-3 лет) с ДМПП.

Впервые показано, что повышение глобального стрейна правого предсердия у детей с ДМПП при естественном течении заболевания прогрессируют и количественно характеризуют нарушения объемно-емкостных свойств правого предсердия и прессорных характеристик правого желудочка.

Установлено, что деформационные свойства межжелудочковой перегородки были снижены у детей с ДМПП, величина снижения GLS пропорциональна объему сброса крови через дефект.

Теоретическая значимость

Впервые на основании сравнения с возрастными нормативами здоровых детей установлен комплексный (бивентрикулярный) характер ремоделирования у детей с дефектом межпредсердной перегородки. У пациентов с дефектом межпредсердной перегородки выявлены ранее не описанные изменения геометрии левого желудочка и дисбаланс деформационных свойств предсердий, которые являются не просто следствием, но и активными компонентами адаптации к объемной перегрузке. Определена ключевая роль показателей, полученных с помощью speckle-tracking эхокардиографии (таких как TAPSE Strain), в оценке функции правого желудочка, что позволило пересмотреть диагностическую ценность традиционного показателя TAPSE в контексте данной патологии. Установлена возрастная зависимость процессов обратного ремоделирования после коррекции ДМПП, что определяет оптимальные сроки хирургической коррекции для достижения наилучшего функционального восстановления.

Практическая значимость

1. Для определения оптимальных сроков хирургического лечения: разработано и внедрено в клиническую практику научно обоснованное рекомендательное положение о целесообразности выполнения коррекции ДМПП в возрасте 1-3 года. Это позволяет добиться полного анатомо-функционального восстановления сердца и предотвратить развитие необратимой легочной гипертензии, что улучшает отдаленные результаты лечения.

2. Для объективной диагностики и оценки тяжести состояния: внедрены в алгоритм обследования детей с ДМПП нормативные показатели объемов и функции правого желудочка, полученные методом 3D-ЭхоКГ. Это предоставляет врачу точные возрастные ориентиры для выявления отклонений и оценки степени дилатации правых отделов сердца. Установлен новый диагностический критерий тяжести гемодинамических нарушений – величина дисбаланса деформации правого и левого предсердий. Данный параметр, определяемый методом speckle-tracking, позволяет неинвазивно определить объем межпредсердного шунтирования и принять более обоснованное решение о сроках операции.

3. Для послеоперационного наблюдения и прогнозирования результатов: даны четкие клинические ориентиры для ведения пациентов в послеоперационном периоде. Установлено, что снижение сократимости правого желудочка при нормализации его объемов является закономерным этапом, а не признаком сердечной недостаточности, что позволяет избежать необоснованного назначения избыточной медикаментозной терапии. Предложен и валидирован новый интегральный показатель TS (TAPSE Strain) для динамического контроля функции правого желудочка после операции. Это позволяет отказаться от использования малоинформативного в данной ситуации показателя TAPSE и более точно оценивать процесс восстановления миокарда.

4. Внедрен алгоритм оценки систолического давления в легочной артерии в комплексе с объемными параметрами правых отделов сердца. Данный подход позволяет идентифицировать пациентов с признаками гемодинамически значимой перегрузки объемом на доклинической стадии, до развития выраженной легочной гипертензии, и своевременно направить их на углубленное обследование.

Положения, выносимые на защиту

1. Установлено, что при дефекте межпредсердной перегородки ремоделирование сердца носит тотальный характер и затрагивает не только правые, но и левые отделы. Ключевым элементом адаптации левого желудочка является изменение его геометрии (повышение эллипсоидности и относительной толщины стенок) при сохранной глобальной функции.

2. Ведущим патогенетическим механизмом компенсации при ДМПП является классическая гетерометрическая ауторегуляция по механизму Франка-Старлинга. Количественной мерой выраженности данного компенсаторного механизма служит комплекс показателей: индексированные объемы правых камер и показатели их сократимости, прямо коррелирующие с объемом шунтирования и длительностью заболевания.

3. Традиционный эхокардиографический показатель TAPSE у детей с ДМПП теряет свою диагностическую ценность как изолированный маркер систолической функции правого желудочка и приобретает новое значение – индикатора объемной перегрузки, что требует пересмотра стандартных алгоритмов оценки функции правых отделов сердца у данной категории пациентов.

4. Критерием тяжести гемодинамических нарушений и основным показанием к выбору сроков хирургической коррекции ДМПП должны служить индексированные объемы правых камер сердца, а не показатели давления в легочной артерии, которые длительное время остаются компенсированными и не отражают истинной степени дилатации и ремоделирования.

5. Возрастзависимый характер обратного ремоделирования правых отделов сердца после хирургической коррекции ДМПП (полная нормализация у 80% детей до 3 лет и лишь у 50% в возрасте 3-6 лет) является клиническим обоснованием для рекомендации раннего оперативного лечения в возрасте 1-3 лет с целью достижения полного восстановления морфофункционального состояния сердца.

Степень достоверности полученных результатов

Достоверность результатов, предоставленных в работе, обоснована достаточным объемом выборки (n=120), соответствием методологии исследования поставленным в работе

целям и задачам, использованием современных возможностей эхокардиографии. Сформулированные в диссертации научные выводы и рекомендации полностью основаны на фактически полученных данных. Методы статистической обработки материала соответствуют современным требованиям и поставленным задачам.

Апробация работы

Материалы диссертации были доложены на: VIII Всероссийском съезде аритмологов 06-08 июня 2019 года, г. Томск; Пятом всероссийском научно-образовательном форуме с международным участием «Кардиология XXI века: альянсы и потенциал», 24-26 апреля 2024 года, г. Томск; Региональном конгрессе РКО, 13-14 июня 2024 года, г. Томск.

Публикации

По теме опубликовано 4 научные работы, из них 2 статьи – в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации для публикации материалов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 2 тезиса по материалам всероссийских конференций, а также получено одно свидетельство о государственной регистрации базы данных (RU2022620928) и одно свидетельство о регистрации программы для ЭВМ (№ 2019613593).

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа изложена на 100 страницах машинописного текста. Состоит из введения, обзора литературы, глав с описанием материалов и методов исследования, полученных результатов, заключения, выводов, списка использованной литературы. Работа иллюстрирована 23 рисунками (17 рисунков в основном тексте диссертации и 6 рисунков в приложении) и содержит 8 таблиц. Библиографический указатель содержит 86 источников литературы, из них 11 отечественных и 75 зарубежных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование было включено 120 детей, поступивших для хирургической коррекции ДМПП в НИИ кардиологии. Возраст пациентов на момент исследования составлял от 1 года до 6 лет (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика пациентов

Показатели	Пациенты с ДМПП, n=120
Возраст, лет	3 (1,2–5,8)
Масса тела, кг	18,0 (5,5–35,0)
Легочная гипертензия 0-й степени	91 (89,2 %)
Легочная гипертензия 1-й степени	11 (10,8 %)
Функциональный класс I	83 (83 %)
Функциональный класс II	17 (17 %)
Одышка	19 (18,6 %)
Задержка физического развития	6 (5,9 %)
Утомляемость	31 (30,4 %)
Частые острые респираторные заболевания	44 (43,1 %)
Плохая прибавка в весе	6 (5,9 %)
Сердцебиение	10 (9,8 %)
Потливость	4 (3,9 %)

Пациенты были разделены на две клинические группы. В первую вошли пациенты с дефектом межпредсердной перегородки (n=60; 37 мальчиков, 23 девочки) в возрасте от 1 года до 2 лет 11 месяцев. Во 2-ю группу вошли дети с ДМПП (n=60; 31 мальчик, 29 девочек) в возрасте от 3-х до 6 лет. Для каждой клинической группы была сформирована контрольная

группа соответствующего возраста, в контрольные группы вошли дети без сердечно-сосудистых заболеваний.

Критерии включения:

1. Пациенты с врожденными пороками сердца: изолированными дефектами межпредсердной перегородки. Для ДМПП $QR/QS > 1.5$;
2. ДМПП с малым краем, множественные ДМПП – с техническими противопоказаниями для эндоваскулярной коррекции;
3. Возраст от 1 года до 6 лет;
4. Информированное согласие на участие в клиническом исследовании родителей пациентов.

Критерии исключения:

1. Наличие острых инфекционных и обострение хронических заболеваний;
2. Наличие лабораторных признаков воспаления;
3. Возраст менее 1 года и старше 6 лет;
4. Отказ родителей от участия в исследовании.

Всем пациентам проводилось лабораторное обследование, стандартная эхокардиография, speckletracking – эхокардиография (оценка деформации левого и правого желудочка и предсердий), оценка межжелудочковой диссинхронии.

Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

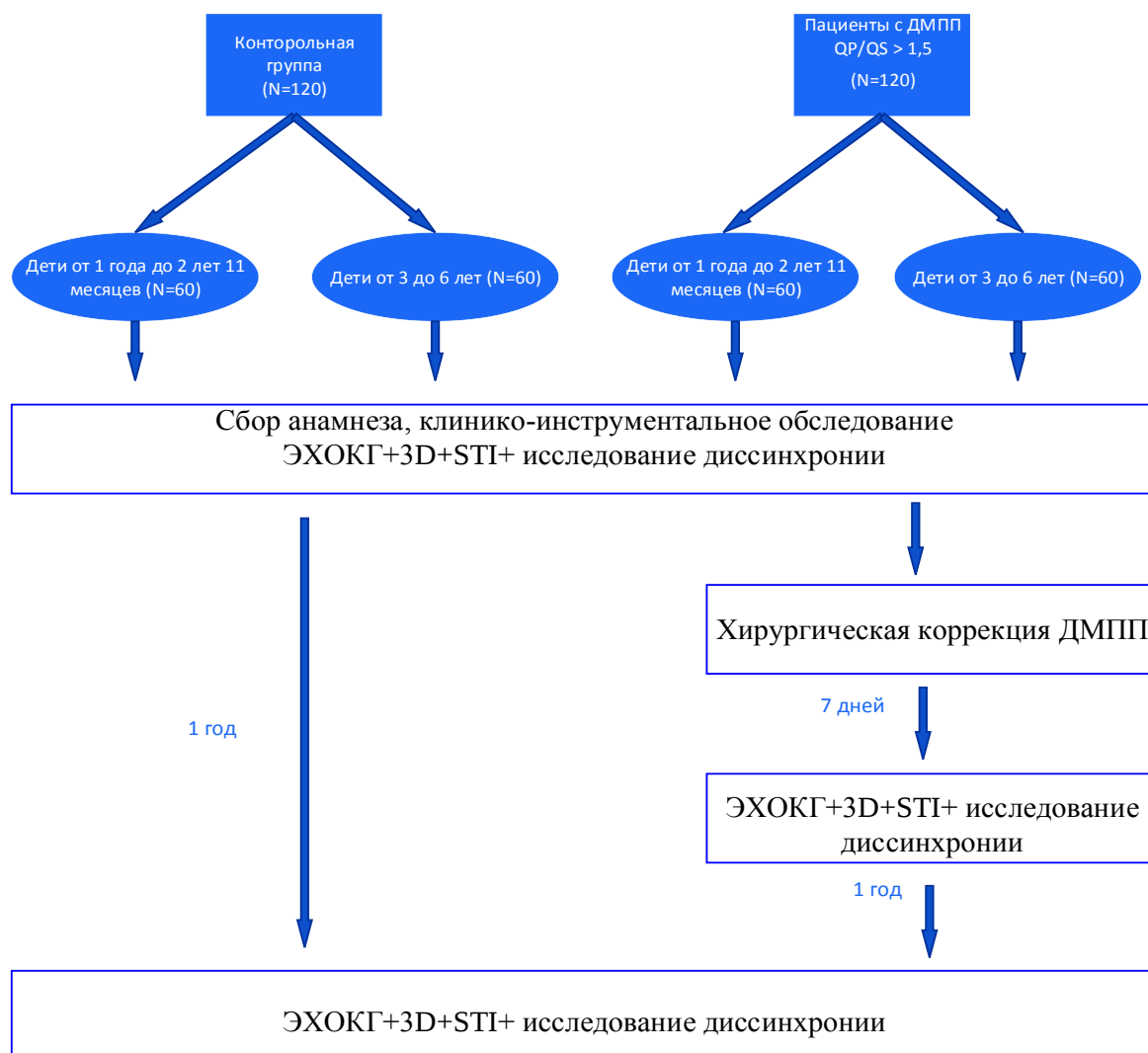


Рисунок 1 – Дизайн исследования

Эхокардиография

Для диагностики врожденных пороков и оценки внутрисердечной гемодинамики сердца использовались ультразвуковые системы Epiq 7 и iE-33 x-matrix (Philips, США). Использовались высокочастотные датчики с фазированной решеткой (3–8 МГц). Исследование проводили в стандартных В-М-D режимах, а также выполняли трехмерную реконструкцию правого желудочка (датчик x7-2). Все нативные данные сохраняли на рабочем сервере с последующей обработкой системой Q-labVer15.7.

Для измерения основных размеров и объемов камер сердца, диаметров сосудов, показателей внутрисердечной гемодинамики использовали стандартные способы и позиции согласно рекомендациям Американского общества эхокардиографии (ASE). Все результаты исследования обрабатывались on-line и частично подвергались последующей обработке и анализу. Индивидуальные нормы определялись по уравнениям регрессии компьютерной базы данных. Стандартные эхокардиографические параметры в связи с возрастной и антропометрической неоднородностью индексировались на площадь поверхности тела BSA.

Оценивались стандартные ЭхоКГ показатели, а также дополнительно оценивали:

- КДИЛж – конечный диастолический индексированный объем левого желудочка;
- КДИпж – индексированный конечный диастолический объем правого желудочка (Зд);
- ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка в В-режим (Simpson);
- ЛПи – индекс объема левого предсердия;
- ППи – индекс объема правого предсердия;
- ИММлж – индекс массы миокарда левого желудочка;
- СДПЖ – систолическое давление в правом желудочке;
- Е – скорость потока крови в фазу быстрого наполнения ЛЖ;
- А – скорость потока крови в фазу систолы предсердия;
- $e^1_a^1$ – скорости движения миокарда ЛЖ в диастолу;
- disLV – внутрижелудочковая диссинхрония левого желудочка;
- TAPSE – амплитуда смещения плоскости фиброзного кольца в систолу;
- ДНлж – давление наполнения левого желудочка (E/e^1). Определялась максимальная скорость кровотока во время раннего диастолического наполнения ЛЖ (Е) с помощью импульсно волнового доплера и скорость движения латеральной части фиброзного кольца митрального клапана (e^1) с помощью тканевого доплера;

• ОТС – относительная толщина стенок ЛЖ, показатель, характеризующий ремоделирование. Рассчитывалась по формуле: (толщина межжелудочковой перегородки + толщина задней стенки левого желудочка) / конечный диастолический размер левого желудочка $ОТС = (ТМЖП(д) + ТЗСЛЖ(д)) / КДР ЛЖ$.

• ИС – индекс сферичности (частное от деления длинной оси ЛЖ на короткую) $ИС = кдр / прЛЖ(д)$;

• ИГЛФ – Индекс глобальной функции левого желудочка. Показатель объединяет структурные изменения и функциональное состояние ЛЖ и используется для прогнозирования сердечно-сосудистых событий и структурно функционального ремоделирования ЛЖ $ИГЛФ = ((УО / ((КДО + КСО) / 2) + \text{объем миокарда})) * 100$;

• Соотношение объемов кровотока в малом и большом кругах кровообращения (Q_p/Q_s) – как отношение УОПЖ к УОЛЖ.

Объем и фракцию выброса правого желудочка рассчитывали по стандартному алгоритму программы Q-lab (4D Echo-View, QLABver. 15, Мюнхен, Германия). Все изображения RT-3DE обрабатывались в автономном режиме. После ручного выбора центральных опорных точек колец трикуспидального и митрального клапанов и верхушки ЛЖ программа визуализировала полость ПЖ трем плоскостями, автоматически полученным из набора 3D-данных как в конце систолы, так и в конце диастолы. После ручного отслеживания границ эндокарда на каждой из трех плоскостей среза в конце диастолы и в конце систолы

программное обеспечение автоматически обнаруживает поверхности ПЖ на протяжении всего сердечного цикла. При необходимости перед количественной оценкой выполнялась ручная коррекция для корректировки контуров эндокарда в каждом кадре. Объемы ПЖ рассчитывались на протяжении всего сердечного цикла, из чего были получены конечный диастолический объем ПЖ (RVEDV) и конечно-систолический объем ПЖ (RVESV) как максимумы и минимумы соответственно. Затем измеряли фракцию выброса ПЖ (RVEF) как разницу и процентное изменение объемов соответственно. Оценку диастолического расслабления и наполнения ЛЖ проводили при локации сердца из апикального доступа в четырехкамерном сечении, используя импульсный D-режим трансмитрального кровотока. Контрольный объем устанавливали в приносящем тракте ЛЖ на уровне концов створок митрального клапана.

Исследование внутрижелудочковой диссинхронии

Измерение внутрижелудочковой диссинхронии проводили с помощью тканевого Доплера, измеряя движение свободной и септальной стенки левого желудочка в базальных сегментах (время от Q на ЭКГ до начала движения).

Также диссинхрония определялась с помощью Speckle tracking – эхокардиографии. Были записаны сгенерированные программным обеспечением измерения (в миллиметрах) общей экскурсии ЛЖ (среднее, минимальное, максимальное и стандартное отклонение), изображенные на диаграмме «бычьего глаза». Стандартное отклонение времени достижения минимального систолического объема всех сегментов ЛЖ, выраженное в процентах продолжительности RR, регистрировали как меру внутрижелудочковой диссинхронии.

Speckle tracking – эхокардиография

STE проводилась в программном пакете постобработки Qlab 15. Для получения оптимальных изображений исследование проводили при частоте кадров от 60 до 110 в секунду, задержке дыхания (если возможно) и ровной ЭКГ. В В-режиме записывались видеопетли из апикального доступа (четырёхкамерная, двухкамерная и трехкамерная позиции), из парастернального доступа (короткая ось ЛЖ на уровне МК, на уровне папиллярных мышц и на уровне апикальных сегментов). Постобработка видеопетель исследований проводилась в программном пакете QLab15.5 (Philips Medical Systems, Best, the Netherlands).

Глобальная продольная деформация ЛЖ (GLS) была рассчитана по 17 сегментарной модели в апикальных четырех-, двух- и трехкамерных проекциях с помощью функции autostrainLV. Деформация левого предсердия измерялась из апикальной двух-, и четырехкамерной позиции. За конечный результат принималось среднее значение. Исследование проводилось в программе autostrainLA. Деформация правого желудочка и свободной стенки правого желудочка измерялась в апикальной четырехкамерной позиции с помощью autostrainRV. Деформацию правого предсердия измеряли с помощью функции autostrainLA, выбирая областью интереса правое предсердие.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Изменение структурно-геометрических и функциональных свойств левого желудочка

Считается, что левый желудочек существенно не изменяет своих характеристик у пациентов с ДМПП в процессе естественного течения заболевания и быстро адаптируется в постоперационный период. Большинство подобных исследований были выполнены у взрослых пациентов. Как происходит эволюция патофизиологических процессов ремоделирования сердца и внутрисердечной гемодинамики у детей при изменении возраста остается неясным. Мы изучили некоторые геометрические параметры левого желудочка: относительная толщина стенок ЛЖ, индекс сферичности, индекс глобальной функции левого желудочка (рисунок 2).

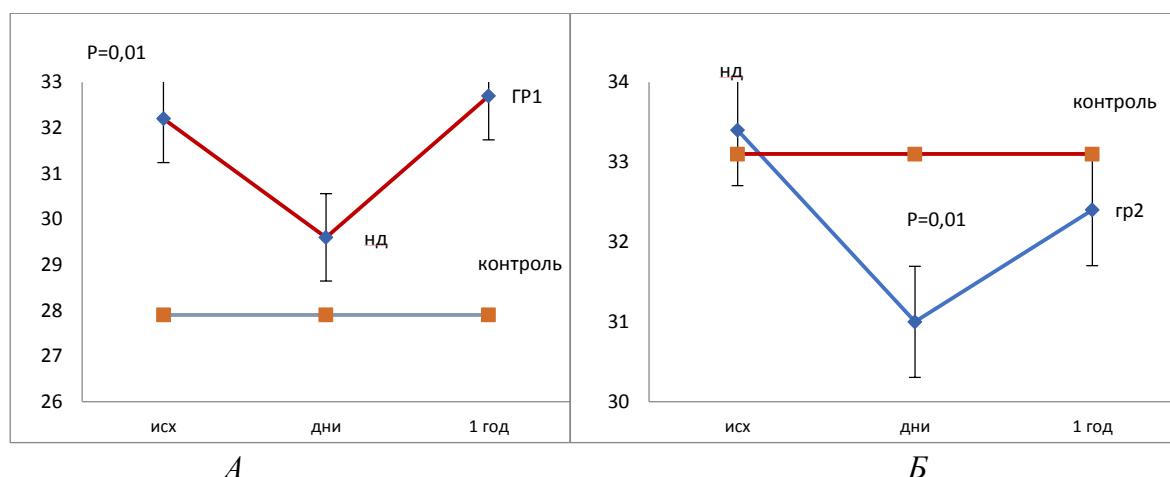


Рисунок 2 - Изменение глобальной функции ЛЖ в группах при наблюдении

Индекс глобальной функции левого желудочка (ИГЛФ), показатель, интегрально характеризующий насосную и контрактильную функции, с учетом геометрических особенностей камеры. Показано, что у детей 1-й группы показатель ИГЛФ перед операцией был статистически значимо выше, чем в контрольной группе (рисунок 2А), в то время как у детей с ДМПП старшего возраста (группа 2) – показатель не отличался от контроля (рисунок 2Б). В ранний послеоперационный период глобальная функция ЛЖ снижалась в обеих группах, причем в 1-й группе до уровня нормы, а во 2-й группе ИГЛФ уменьшался ниже нормы. Через год после операции во 2-й группе показатель сравнивался с контрольной группой, а в группе 1 – возвращался к дооперационным значениям, превышавшим норму. Все это указывало на возрастные особенности ремоделирования левого желудочка при изменении преднагрузки в послеоперационный период у детей с ДМПП. Можно полагать, что данный факт, с одной стороны, обусловлен более медленной нормализацией объемов правых камер после операции. С другой стороны, несомненны изменения с возрастом взаимоотношения систем симпатической и парасимпатической регуляции.

Относительная толщина стенок ЛЖ (ОТС) – общепризнанный показатель, характеризующий ремоделирование левого желудочка, был изучен до и после операции по поводу ДМПП (рисунок 3).

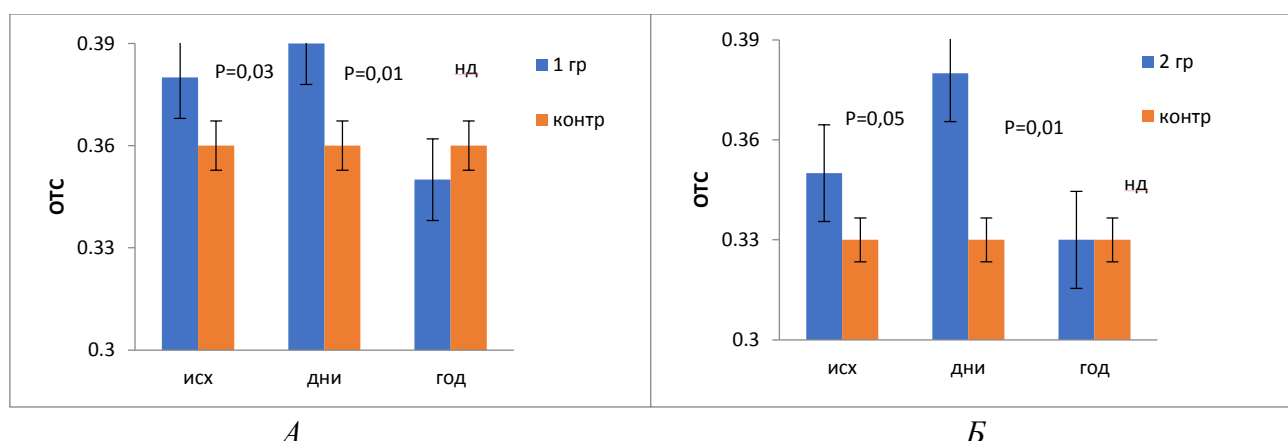


Рисунок 3 - Изменение относительной толщина стенок левого желудочка у детей с ДМПП до и после операции (А – 1-я группа, Б – 2-я группа)

Несмотря на отсутствие значительных изменений объема ЛЖ при динамическом наблюдении у детей с ДМПП зарегистрировано статистически значимое увеличение ОТС в ранний послеоперационный период. Следует отметить, что в 1-й группе (рисунок 3А) статистически значимое отклонение показателя от нормы наблюдали и в предоперационный период, через год наблюдения ОТС нормализовалась в обеих группах (рисунок 3А и 3Б).

При оценке геометрии левого желудочка в дооперационном периоде различия с контрольной группой имели только пациенты 1-й группы, то есть ЛЖ имел более эллипсоидную, чем в норме, форму по длинной оси (рисунок 4). В ранний и отдаленный послеоперационный период форма ЛЖ в обеих группах нормализовалась.

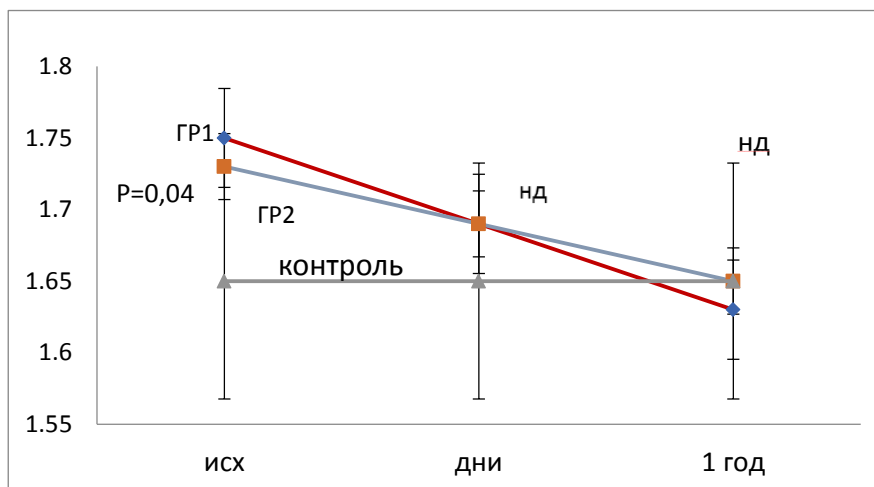


Рисунок 4 - Изменение индекса сферичности на этапах наблюдения детей с ДМПП

Данные изменения ЛЖ в целом характерны для гемодинамических ситуаций, обусловленных снижением его преднагрузки в связи с различными причинами.

Рассмотренные выше геометрические изменения не позволяют отнести их к строгим критериям ремоделирования ЛЖ, тем не менее, определенные составляющие ремоделирования ЛЖ у детей с ДМПП были обнаружены как в предоперационный период, так и после операции. Нормализация показателей, характеризующих ремоделирование ЛЖ через год после операции, свидетельствовала об обратимости данных изменений. Следует отметить, что наиболее динамичная нормализация показателей ремоделирования наблюдалась в 1-й группе, то есть у более юных пациентов, даже при небольшом увеличении возраста восстановление показателей было менее выражено.

У всех детей с межпредсердными дефектами имелась тенденция к уменьшению диастолического объема ЛЖ и статистически значимое увеличение объемов правых камер (таблица 2 и 3). Это закономерная характеристика патологического процесса, обусловленного лево-правым шунтированием крови. Объемная перегрузка правых камер сопровождалась умеренным, но значимым по сравнению с контрольной группой, повышением давления в правом желудочке, которое нормализовалось в первую неделю после хирургической коррекции порока.

Следует отметить, что контрактильность левого желудочка, как в исходном состоянии, так и после операции не отличалась от контрольной группы. При этом контрактильность ПЖ, оцененная по суррогатному критерию (TAPSE), исходно была выше, чем в контрольной группе, и резко снижалась в ранний послеоперационный период. Фракция выброса правого желудочка, определенная с помощью 3Д-эхоКГ, показала более высокую контрактильность правого желудочка у дооперационных больных по сравнению с контрольной группой, — вероятно, включен эффективный механизм Старлинга.

Объем правого предсердия перед операцией был увеличен в обеих группах больных примерно одинаково.

Через год зарегистрировали нормализацию показателя в обеих группах. Если средние групповые показатели достоверно снизились, то при дескриптивном статистическом анализе показано, что у 20% детей младшего возраста (1-я группа) предсердие оставалось увеличенным (рисунок 5), а во 2-й группе — у 56%.

Таблица 2 - Эхокардиографические данные до и после коррекции ДМПП в возрастной группе от 1 до 3 лет (n=60)

Показатель	Контрольная группа пациентов от 1 до 3 лет, n=60	Дети с ДМПП в возрасте 1-3 лет, n=60		p (до – после)
		исходно	После х/коррекции (12 мес.)	
КДИЛЖ (мл/м ²)	40,8±5,2	39,5±5,4	41,8±7,3	0,06
КСИЛЖ (мл/м ²)	12,1±3,1	10,5±4,9	11,1±2,5	0,06
КДИПЖ (мл/м ²)	54,0±8,5	66,2±12,1	54,1±9,2	0,04
ФВ ЛЖ (%)	70,0±4,9	70,7 ± 5,4	70,1±5,1	0,48
ИММЛЖ (г/м ²)	63,3±6,8	57,7 ± 10,0	62,2 ± 11,1	0,1
ЛПИ (мл/м ²)	16,5±3,7	17,1±4	16,1±3,0	0,24
ППИ (мл/м ²)	18,0±4,2	31±11,1	16,5±4,9	0,02
СДПЖ (мм рт ст)	21,5±2,5	24,6 ± 4,9	23,9±3,9	0,06
Е (см/с)	114,2±14	106 ± 17	92,5 ± 17,2	0,04
А (см/с)	64,6±18	66 ± 16,4	57,4 ± 14	0,04
e ¹ (см/с)	13,7±2,6	12,6 ± 2,7	10,0 ± 2,5	0,04
a ¹ (см/с)	7,2±1,9	8,6 ± 3,9	6,8 ± 1,7	0,03
Е/А	1,85±0,46	1,66±0,5	1,69±0,49	0,36
Ткань e ¹ /a ¹	1,83±0,42	1,45±0,43	1,73±0,56	0,001
disLV(мс)	80±5,5	76 ± 8	82 ± 6,5	0,002
TAPSE(мм)	21,5±14	22±4,1	10,2±2,5	0,002

Примечание: КДИЛЖ – конечный диастолический индексированный объем ЛЖ, КДИПЖ – индексированный конечный диастолический объем правого желудочка (ЗЛ), ФВ ЛЖ – фракция выброса ЛЖ в В-режиме (Simpson), ЛПИ – индекс объема левого предсердия, ППИ – индекс объема правого предсердия, СДПЖ – систолическое давление в правом желудочке, ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка, Е – скорость потока крови в фазу быстрого наполнения ЛЖ, А – скорость потока крови в фазу систолы предсердия, e¹/a¹ – скорости движения миокарда ЛЖ в диастолу, disLV – внутрижелудочковая диссинхрония ЛЖ, TAPSE – амплитуда смещения плоскости фиброзного кольца в систолу.

Таблица 3 - Эхокардиографические данные до и после коррекции ДМПП в возрастной группе от 3 до 6 лет (n=60)

Показатель	Контрольная группа пациентов от 3 до 6 лет, n=60	Дети с ДМПП в возрасте 3-6 лет, n=60		p (до – после)
		исходно	После х/коррекции (12 мес.)	
КДОи (мл)	45,1±6,0	38,8±2,4	46,9±5,3	0,02
КСОи (мл)	13,1±5,0	12,8±4,9	14,5±3,2	0,06
КДОипж (мл)	65,5±14	79,6±17,2	73,5±16,5	0,03
ФВ ЛЖ (%)	68 ± 2	67 ± 2,2	66±2,5	0,44
Масса ЛЖ (г/м ²)	67,8±10,8	62,1 ± 11,0	70,1 ± 13,2	0,1
ЛПО (мл/м ²)	18,0±4,0	19,1±4,5	18,4±4,6	0,24
ППО (мл/м ²)	20,0±3,8	30±8,1	21,5±7,4	0,02
СДПЖ (мм.рт.ст.)	22,5±2,5	26,5 ± 4,9	23,6±3,9	0,04
Е (см/с)	113,2±14	105 ± 17	93,5 ± 17,2	0,04
А(см/с)	64,7±18	66,1 ± 16,4	58,4 ± 13	0,04
e ¹ (см/с)	14,7±2,6	13,3 ± 2,7	12,9 ± 2,4	0,06
a ¹ (см/с)	7,2±1,9	7,9± 2,5	6,5 ± 1,4	0,03
Е/А	1,88±0,46	1,67±0,5	1,69±0,49	0,36
Ткань e ¹ /a ¹	2,05±0,58	1,49±0,42	1,77±0,56	0,001
disLV(мс)	82 ± 6,5	80 ± 6,5	80 ± 4,5	0,002
TAPSE (мм)	23±2,6	30,1 ± 3,8	26,9 ± 2,0	0,001

Примечание. Как в таблице 2.

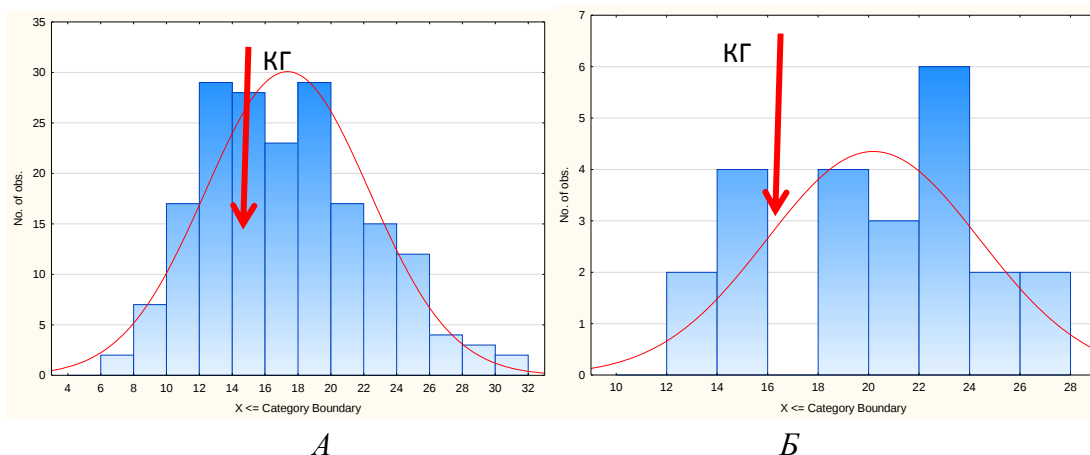


Рисунок 5 - Распределение значений индексированного объема правого предсердия в группах через год после операции (А – 1-я группа, Б – 2-я группа)

После хирургической коррекции контрактильность ПЖ у больных достоверно снизилась вследствие редукции преднагрузки.

Заслуживает особого внимания факт того, что реализация и манифестация механизма Старлинга для правого желудочка нарастала с возрастом. Об этом свидетельствовало отсутствие корреляции между объемом шунтирования по дефекту и контрактильностью правого желудочка в 1-й группе и наличием значимой корреляции во 2-й группе (рисунок 6).

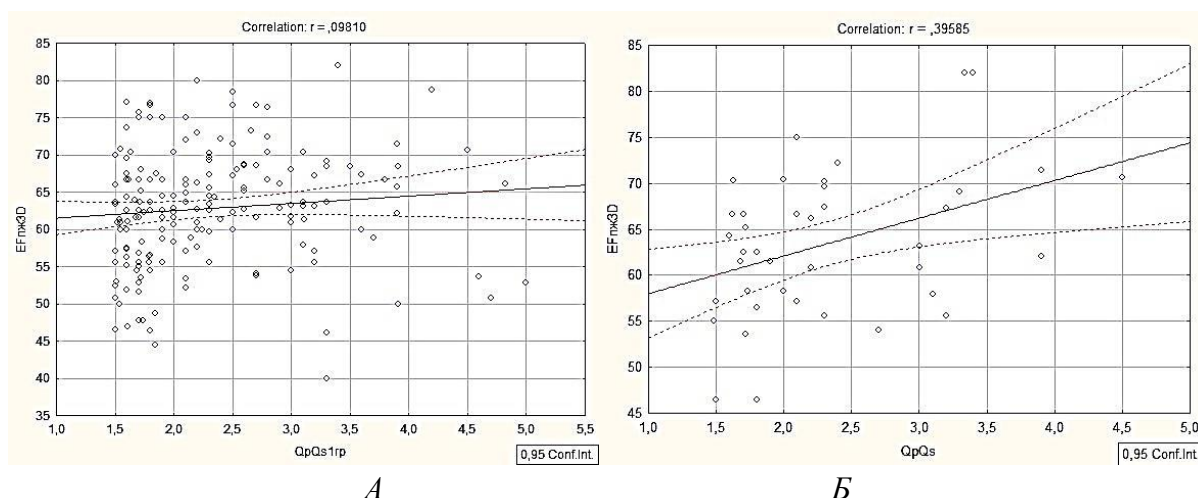


Рисунок 6 - Корреляция между сократимостью правого желудочка и объемом шунтирования в группах (А – 1-я группа, Б – 2-я группа)

Четкой корреляции между размером дефекта и увеличением конечно-диастолического объема правого желудочка или объемов предсердий не наблюдалось. Обнаружена слабая положительная корреляция между размером ДМПП и размером правого предсердия в продольном направлении из апикальной позиции ($R=0,18$ $P=0,02$).

Показано, что TAPSE увеличивалась с размером ДМПП, у первой группы на 8% ($p=0,001$), а у второй группы – на 25% ($p=0,01$). Такая же взаимосвязь выявлена у TAPSE и соотношением легочного кровотока к системному QP/QS. Таким образом, амплитуда систолической экскурсии плоскости фиброзного кольца трикуспидального клапана (TAPSE) имела положительную статистически значимую корреляцию с величиной объема шунтирования крови через ДМПП как в первой, так и во второй группах наблюдения (рисунок 7). Причем с увеличением возраста взаимосвязь между объемом шунта и TAPSE нарастала,

что косвенно указывало на повышение преднагрузки правого желудочка при увеличении возраста детей с ДМПП.

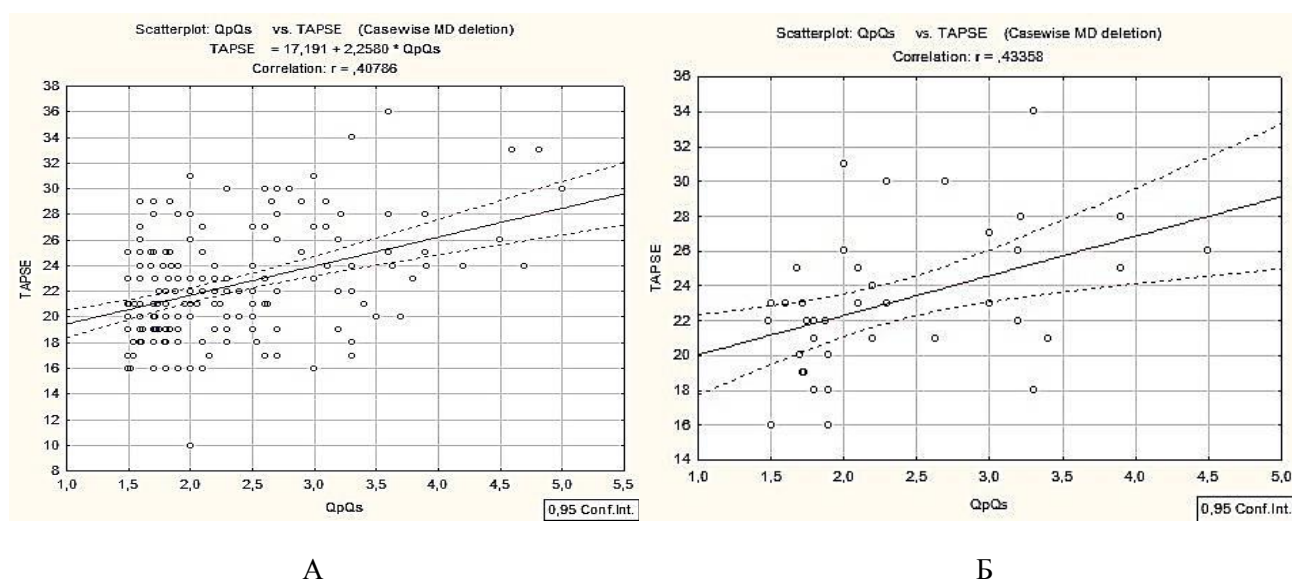


Рисунок 7 - Корреляция между объемом шунтирования и TAPSE в 1-й (А) и во 2-й (Б) группах детей с ДМПП

В предоперационный период корреляция между TAPSE и ФВпж, по данным 3Дэхо была прямая, но слабая $r=0,19$ $p=0,1$ во второй группе и средняя, статистически значимая в 1-й группе $r=0,37$ $p=0,01$. Интересным оказалось, то, что TAPSE имела более высокую связь с объемной перегрузкой ПЖ, чем с его сократимостью. Через 7 дней после операции корреляция отсутствовала в обеих группах: 1-я – 0,07, 2-я – 0,09. Определенный интерес представляло наличие достаточно высокой прямой корреляции между длиной ПЖ (апикальная позиция) и TAPSE (рисунок 8). Корреляция показателя TAPSE была более высокой, чем с фракцией выброса. Через 1 год в 1-й группе TAPSE имела незначимую отрицательную корреляцию с ФВпж ($r=-0,24$ $p=0,25$) и во второй ($r=-0,28$ $p=0,3$).

Индексированный объем правого желудочка в старшей группе (группа 2) до коррекции порока был незначимо больше при одинаковом среднегрупповом соотношении легочного и системного кровотока в группах.

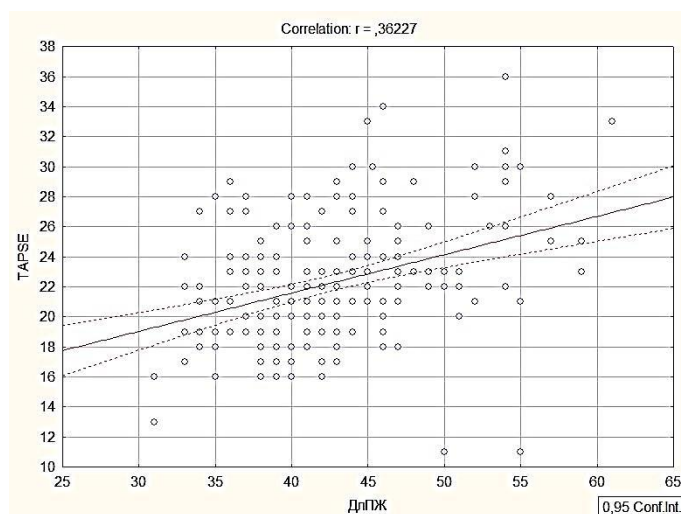


Рисунок 8 - Корреляция между TAPSE и длинником правого желудочка

В обеих группах в ранний послеоперационный период диастолический объем правого желудочка не различали, не было отличий и с контрольной группой. Через 1 год наблюдения объем правого желудочка нормализовался только в 1-й группе, оставаясь достоверно увеличенным во 2-й группе (рисунок 9).

Нормализацию увеличенной преднагрузки правого желудочка после операции сопровождалось закономерным снижением повышенной контрактильности как в ранний послеоперационный период, так и к концу первого года наблюдения (рисунок 9А, 9Б).

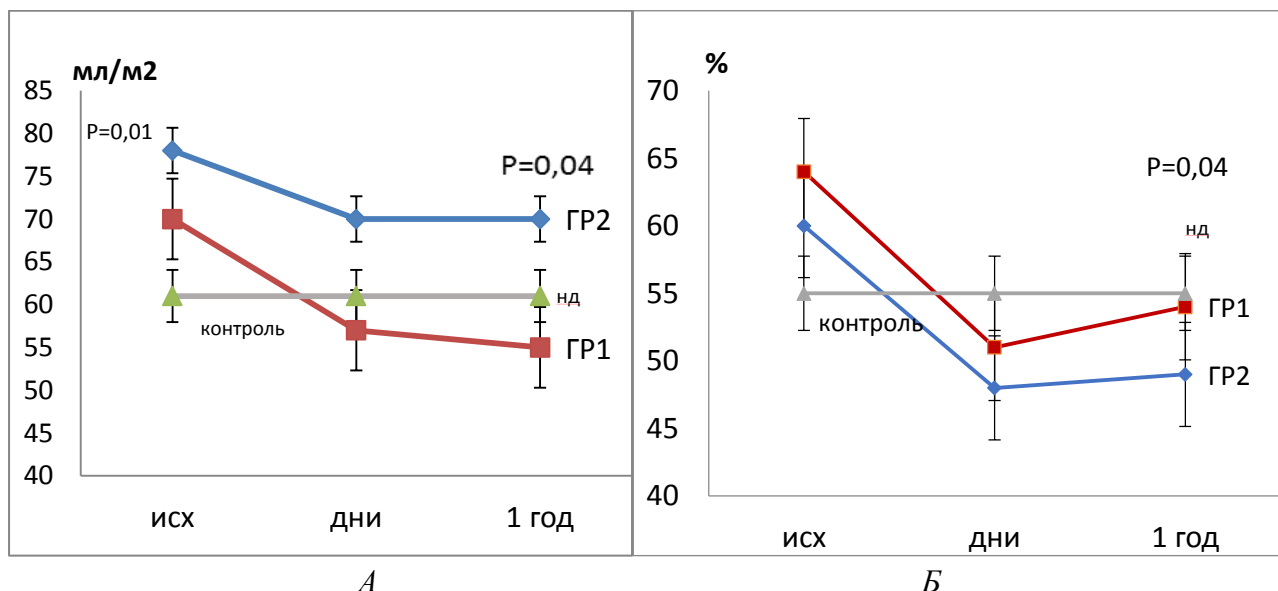


Рисунок 9 - Изменение диастолического индексированного объема правого желудочка (А) и фракции выброса ПЖ (Б) до и после операции

Обращает на себя внимание факт того, что у детей 2-й группы, с одной стороны, наблюдалось более выраженное увеличение индексированного объема правого желудочка перед операцией и отсутствие его нормализации в ранний и в отдаленный послеоперационный период. У пациентов этой группы в предоперационном периоде регистрировали достоверно значимое возрастание по сравнению с нормой фракции выброса правого желудочка и относительная депрессия контрактильности в ранний послеоперационный и поздний послеоперационный период.

Пациенты 2-й группы в дооперационный период имели статистически значимое повышение систолического давления (67%) по сравнению с контрольной группой, в отличие от 1-й группы, где давление в малом кругу кровообращения не отличалось от нормы СДПЖ, и было повышено лишь в 50% случаев. В отдаленный послеоперационный период СДПЖ нормализовалось в обеих группах (таблица 3).

Корреляция между СДПЖ и ФВ правого желудочка была недостоверной в группе 1: $r=0,12$; в группе 2: $r=0,42$, $p=0,01$. То есть с возрастом при ДМПП формируется ассоциация высокой сократимости правого желудочка и закономерного нарастания давления в малом кругу кровообращения.

Диастолические свойства левого желудочка у детей с ДМПП по данным трансклапанных потоков Е и А не имели выраженных отличий от контрольной группы. Скорость потока крови в фазу быстрого наполнения не отличалась от контрольной группы, так же, как и скорость потока в фазу систолы предсердия в обеих группах. При этом по данным тканевой доплерографии соотношение скоростей движения миокарда левого желудочка показало нарушение диастолических свойств левого желудочка в обеих группах больных (таблицы 2, 3). Необходимо отметить, что скорость трансмитрального потока в фазу активной аспирации ЛЖ в диастолу имела тенденцию к снижению, в то время как скорость в систолу предсердия демонстрировала умеренно повышенные значения в обеих группах. По

соотношению потоков наполнения (E/a) имела лишь тенденция к возрастанию значения левого предсердия в наполнении ЛЖ.

Динамический контроль соотношения e^1/a^1 показал, что в исходном состоянии признаки диастолических нарушений наблюдались в группе 1, в то время как во второй группе таковых не было (рисунок 10). Через 5-7 дней после операции нарушение диастолы обнаруживались в обеих группах, через год – различий с контрольной группой не было.

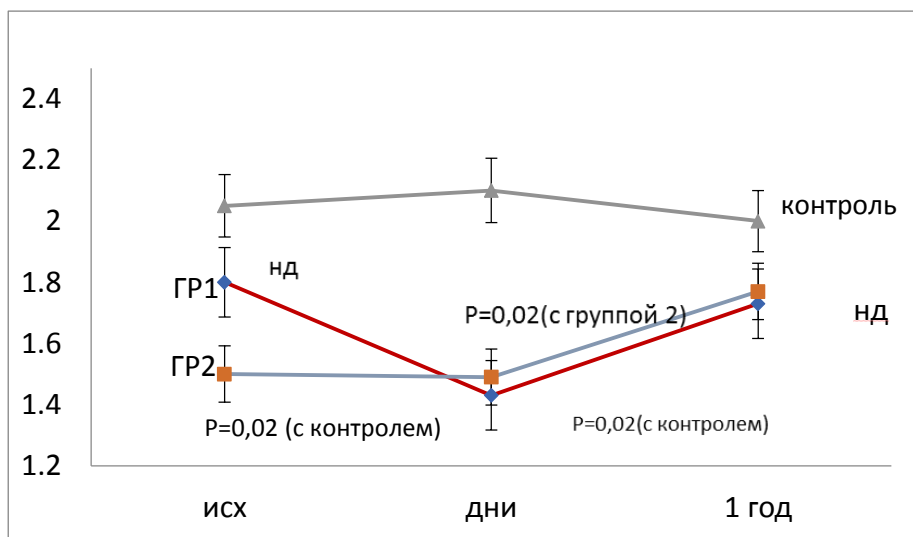


Рисунок 10 - Соотношение диастолических скоростей (e^1/a^1) движения миокарда ЛЖ в группах на этапах наблюдения

Данный факт указывает на то, что исследование диастолической дисфункции ЛЖ по потоковым скоростям наполнения через митральный клапан у детей с ДМПП малоинформативно.

Наблюдалось незначительное снижение ранней диастолической скорости e^1 в ранний и отдаленный постоперационный период в обеих группах. После коррекции порока скорость движения миокарда умеренно снизилась, причем в 1-й группе скорость a^1 более высокая, чем в норме, через год после коррекции полностью нормализовалась (таблица 2). Значения индексированного конечного-диастолического объема левого желудочка и индекса массы ЛЖ через год после коррекции порока в процессе наблюдения не изменялись (таблицы 2 и 3). Нормализация объема левого желудочка во второй группе может быть объяснена тем фактом, что исходно он был уменьшен по сравнению с контрольной группой в отличие от 1-й группы, где значимой редукции объем ЛЖ не было.

После коррекции ДМПП показано статистически значимое уменьшение объема правого предсердия, его нормализация через год в обеих группах. Обращает на себя внимание факт отсутствия нормализации объема ПП в ранний послеоперационный период во 2-й группе. В группе 1 отмечалась нормализация объема ПП в первые дни после операции и через год наблюдения, в то время как в группе 2 сохранялась тенденция увеличенного правого предсердия и в отдаленный срок наблюдения (рисунок 11). Отсутствовали изменения индекса объема ЛП в обеих группах на всех этапах контроля.

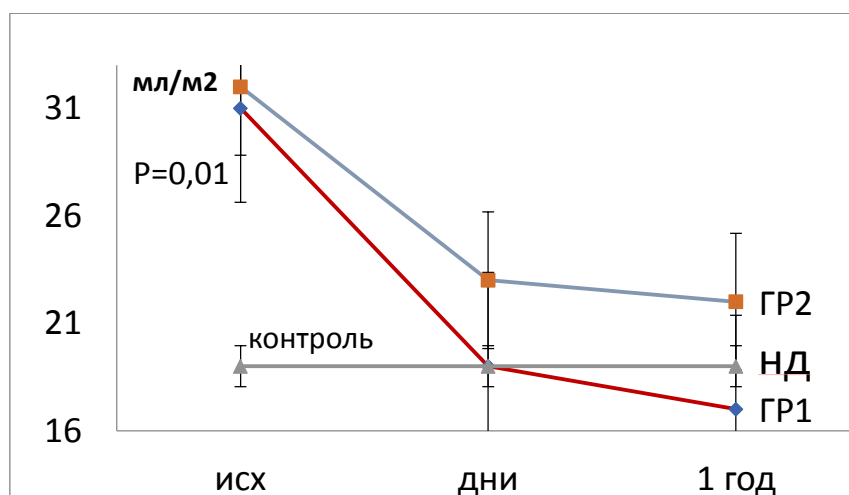


Рисунок 11 - Изменение индексированного объема правого предсердия у больных ДМПП в процессе наблюдения

Давление наполнения ЛЖ после коррекции порока (E/e^1) статистически значимо не изменялось в обеих группах (рисунок 12), в группе 1 было выше, чем в контроле, во 2-й группе достоверно не отличалось от контрольной группы на всех этапах наблюдения.

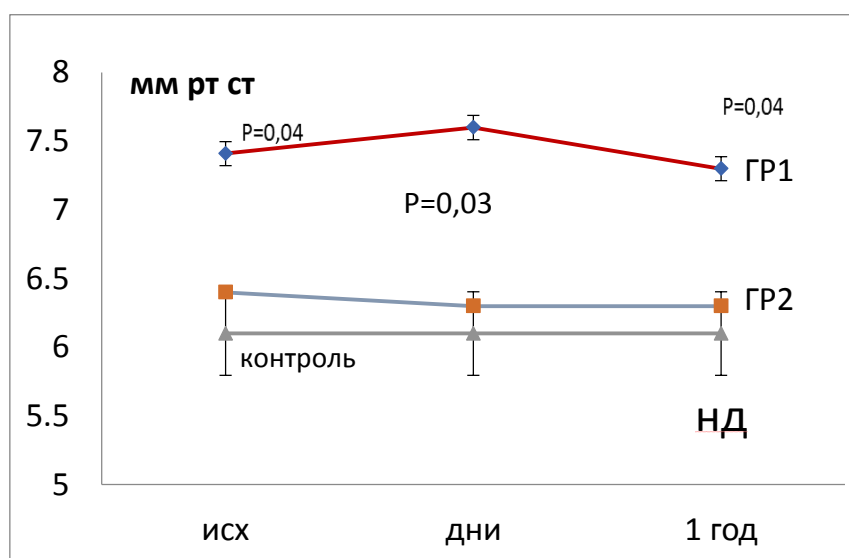


Рисунок 12 - Давление наполнения ЛЖ в группах больных на этапах наблюдения

Во 2-й группе конечно-диастолический объем ЛЖ, индекс массы миокарда ЛЖ после коррекции порока достоверно увеличились по сравнению с исходными значениями (таблица 3). Данный факт позволяет утверждать, что у детей старшего возраста имелись не только структурно-функциональные расстройства правых камер, но и значимая редукция диастолического объема левого желудочка.

2. Особенности деформационных свойств желудочков у детей с дефектами межпредсердной перегородки

Наличие межпредсердного шунтирования у пациентов разных возрастных групп сопровождалось увеличением объема правых камер сердца и умеренной редукцией объема левого желудочка у детей старшей группы (2 группа).

Во 2-й группе наблюдали не только изменения объемов камер, но и достоверное повышение систолического давления в правом желудочке. Установлено, что в ранний послеоперационный период в 1-й группе пациентов происходила нормализация большинства

измененных показателей, в то время как в группе 2 (более взрослые) часть показателей оставалась измененными по сравнению с контролем даже через 1 год наблюдения.

В связи с этим была сделана попытка оценки деформационных свойств желудочков на этапах наблюдения.

Обнаружено, что глобальный продольный стрейн правого желудочка (RVGLSR) на 7-й день после коррекции порока снизился в 1-й группе с $-29,6 \pm 2,5\%$ до $-25 \pm 3,1\%$ $P = 0,001$, во 2-й группе с $-31 \pm 2,1$ до $-29,4 \pm 2,4$ $p=0,06$. При этом, глобальный продольный стрейн левого желудочка (LVGLS) изменился недостоверно: в 1-й группе с $-27,0 \pm 3,2$ до $-25 \pm 2,6\%$ во 2-й группе с $-24,47 \pm 0,57\%$ до $-23,14 \pm 0,65\%$, $P = 0,05$.

В ранний постоперационный период (7 дней) наблюдали снижение продольной деформации свободной стенки ПЖ по сравнению с исходным уровнем ($\Delta 1$, $-2,79 \pm 0,70\%$, $<0,001$;) в первой и $-1,79 \pm 0,4\%$, $P < 0,06$ во 2-й группе.

Дельта-изменения продольного стрейна LS свободной стенки ПЖ через 12 месяцев по сравнению с ранним постоперационным периодом и исходным состоянием во 2-й группе достоверно не изменялись. В группе 1 регистрировали нормализацию RV GLSR как в ранний, так и отдаленный постоперационный период (таблицы 4 и 5). Это указывало на то, что с возрастом нарушения структурно-функциональных показателей при увеличении возраста прогрессируют, а послеоперационная нормализация происходит медленнее. Существенных изменений деформационных свойств левого желудочка не наблюдали как в процессе естественного течения заболевания (предоперационные данные), так и на этапах коррекции и наблюдения.

Таблица 4 - Speckle tracking – показатели желудочков до и после коррекции ДМПП в 1-й группе

Показатель	Контрольная группа (n=60)	Дети с ДМПП в возрасте 1-3 лет (n=60)		p (до – после)
		исходно	После х/коррекции (12 мес.)	
GLS LV(%)	$-24 \pm 2,1$	$-27 \pm 3,2$	$-25 \pm 2,6$	0,04
GLS RV(%)	$-23,9 \pm 2,2$	$-29,6 \pm 2,5^*$	$-25 \pm 3,1$	0,001
GCSLV(%)	$-30,1 \pm 6,8$	$-30 \pm 2,4$	$-30,9 \pm 7,2$	0,46
GRD(%)	$-36,4 \pm 6,9$	$-33,9 \pm 5,6$	$-36,1 \pm 11$	0,24
Примечание: GLSLV – глобальная продольная деформация левого желудочка, GLSRV – глобальная продольная деформация правого желудочка, GCSLV – продольная циркулярная деформация левого желудочка, GRD – глобальная радиальная деформация левого желудочка, * – достоверные ($p < 0,05$) различия с контрольной группой.				

Таблица 5 - Speckle tracking – показатели желудочков до и после коррекции ДМПП во 2-й группе

Показатель	Контрольная группа (n=60)	Дети с ДМПП в возрасте 3-6 лет (n=60)		p (до – после)
		исходно	После х/коррекции (12 мес.)	
GLS LV(%)	$-25 \pm 2,6$	$-24,47 \pm 0,57$	$-23,14 \pm 0,65$	0,05
GLS RV(%)	$-24 \pm 2,1$	$-31 \pm 2,1^*$	$-29,4 \pm 2,4$	0,06
GCS LV(%)	$-30,9 \pm 7,2$	$-28,9 \pm 7,2$	$-28,9 \pm 7,2$	0,49
GRD(%)	$-36,1 \pm 11$	$-30,1 \pm 11,2$	$-31,2 \pm 11,2$	0,24
Примечание: Как в таблице 4.				

Вследствие объемной перегрузки правых отделов сердца была увеличена продольная деформация правого желудочка. Зафиксирована значительная разница между GLS RV/LV в двух группах на исходном уровне, а после коррекции порока разница между ними была незначительной в отношении процентного изменения (LV GLS: $\Delta 1$ -p = 0,770, $\Delta 2$ -p = 0,605; RV GLS: $\Delta 1$ -p = 0,824, $\Delta 2$ -p = 0,735), где $\Delta 1$ означает разницу в изменении значений общей деформации ПЖ/ЛЖ через 7 дней после коррекции порока и на исходном уровне, а $\Delta 2$

означает изменение разницы между 12 месяцами после устранения ДМПП и исходный уровень.

3. Механическая функция и деформационные свойства предсердий у детей с ДМПП

Дефекты межпредсердной перегородки характеризуются патологическим кровотоком из левого предсердия в правое предсердие, что приводит к его дилатации.

Закономерное увеличение объема правого предсердия в обеих группах наблюдали у всех пациентов по сравнению с контрольной группой (Таблица 1-2). Объемы левого предсердия в обеих группах по сравнению с контрольной группой достоверно не изменялись на всех этапах наблюдения. При оценке продольной деформации левого предсердия с помощью 2D STE обнаружено снижение деформации в фазу кондуита, резервуара и сократительной функции у всех пациентов с ДМПП, по сравнению с контрольной группой (таблица 6-7).

Таблица 6 - Параметры механической активности предсердий в 1-й группе

Показатель	Контрольная группа (n=60)	Дети с ДМПП в возрасте 1-3 лет (n=60)		p (до – после)
		исходно	После х/коррекции (12 мес.)	
ФВ ЛП(%)	52±2,7	52±2,6	52±2,9	0,639
ФВ ПП(%)	55±1,9	53±1,8	54±2,1	0,566
stRA (%)	-24±7,2	-18±8,1	-22±8,2	0,01
LA (rez) (%)	-38±5,6	-21±2,4	-32±5,7	0,001
LA (con) (%)	-30±6,2	-15±6,7	-21±4,3	0,04
LA (cont) (%)	-8,1±3,2	-7,2±4,1	-8,6±2,2	0,08
Примечание: ФВ ЛП – фракция выброса левого предсердия, ФВ ПП – фракция выброса правого предсердия, stRA (%) – стрейн правого предсердия, LA (rez) – деформация левого предсердия в фазу резервуара, LA (con) – деформация левого предсердия в фазу кондуита LA (cont) – деформация левого предсердия в фазу контрактильности.				

После хирургической коррекции порока в группе детей от 3-5 лет наблюдалось снижение фракции выброса левого предсердия, а также во всех возрастных группах произошло увеличение деформации левого предсердия в фазу резервуара. Через год после коррекции порока все параметры сравнялись с группой здоровых детей в своих возрастных диапазонах (таблица 7).

Таблица 7 - Параметры механической активности предсердий во 2-й группе

Показатель	Контрольная группа (n=60)	Дети с ДМПП в возрасте 3-6 лет (n=60)		p (до – после)
		исходно	После х/коррекции (12 мес.)	
ФВ ЛП (%)	50±2,6	53±1,9	51±2,4	0,501
ФВ ПП (%)	52±2,3	57±2,1	51±2,4	0,04
stRA (%)	-28±8,3	-20±6,1	-26±5,2	0,06
LA (rez) (%)	-30±9,5	-25±6,8	-28±5,6	0,7
LA (con) (%)	-20±8,5	-16±5,2	-21±4,7	0,65
LA (cont) (%)	-7,5±2,0	-6,3±0,6	-7,2±3,2	0,612
Примечание: Как в таблице 6.				

Значения продольной деформации миокарда левого и правого предсердий были ниже в группе с ДМПП по сравнению с таковыми в контрольной группе, но разница достигала статистической значимости только в случае деформации правого предсердия: -20±6,1% против -26±5,2%, P = 0,006; скорость деформации правого предсердия: 2,6 +/- 1,2/сек против 3,8 +/- 1,2/сек, P = 0,024), для старшей группы, и -18±8,1% против -22±8,2% для первой группы.

Выявлено, что у пациентов после коррекции ДМПП увеличивается фаза кондуита левого предсердия, а фаза резервуара снижается. В правом предсердии фаза резервуара увеличивается, а фаза кондуита снижается. Фаза контрактильность в левом и правом предсердии достоверно не изменялась.

ВЫВОДЫ

1. В ходе исследования впервые установлено, что ремоделирование сердца при ДМПП носит комплексный бивентрикулярный характер. На фоне дилатации правых отделов выявлено компенсаторное геометрическое ремоделирование левого желудочка (повышение эллипсоидности и относительной толщины стенок) при сохранной глобальной систолической функции. Эти изменения прогрессируют при естественном течении и полностью нивелируются в течение года после хирургической коррекции у пациентов раннего возраста.

2. Подтверждено, что ключевым механизмом компенсации при ДМПП является гетерометрическая ауторегуляция, проявляющаяся дилатацией и гиперфункцией правых камер. Установлена прямая корреляционная зависимость между степенью дилатации, гиперфункцией правого желудочка, объемом шунтирования крови и длительностью гемодинамической нагрузки. Выявленный дисбаланс деформационных свойств предсердий служит количественным маркером объемной перегрузки.

3. Доказана строгая возрастная зависимость полноты обратного ремоделирования сердца после коррекции ДМПП. Полная нормализация объемов правого предсердия в отдаленном периоде наблюдается у 80% детей, оперированных в возрасте до 3 лет, и лишь у 50% детей в возрасте 3-6 лет, что подтверждает существование оптимального времени для проведения хирургической коррекции порока.

4. Установлено, что значение TAPSE при ДМПП в большей степени коррелируют с объемом шунтирования крови, чем с систолической функцией правого желудочка, что ограничивает его применение для послеоперационного мониторинга.

5. В результате комплексного анализа доказано, что индексированные объемы правых камер сердца являются наиболее объективными и информативными эхокардиографическими критериями для оценки тяжести гемодинамических нарушений, определения сроков хирургической коррекции и мониторинга эффективности лечения. Для динамической оценки сократительной функции правого желудочка в послеоперационном периоде предложен и апробирован новый интегральный показатель TS (TAPSE Strain).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Всем пациентам с ДМПП при подготовке к хирургической коррекции рекомендуется проводить комплексную оценку ремоделирования сердца, включающую:

- оценку показателей диастолической функции ЛЖ (соотношению eI/aI волн тканевой доплерографии и увеличению давления наполнения ЛЖ);
- расчет индексированных объемов правых камер сердца (ПП и ПЖ), поскольку именно эти показатели, а не величина давления в легочной артерии, являются наиболее объективными критериями тяжести гемодинамических нарушений и определяют сроки оперативного лечения.

2. Полученные в работе возрастные нормативы объемов и фракции выброса ПЖ для здоровых детей могут служить ориентиром для определения степени отклонения от нормы у пациентов с ДМПП.

3. Для точной количественной оценки объемов и функции правого желудочка рекомендуется использовать 3D-эхокардиографию.

4. В послеоперационном периоде для динамической оценки сократительной функции правого желудочка не рекомендуется использовать изолированный показатель TAPSE, поскольку его значения в большей степени коррелируют с объемом предшествующей перегрузки, чем с истинной систолической функцией, и могут давать ложносниженные результаты на фоне нормализации объемов сердца.

5. В качестве интегрального показателя для оценки функции ПЖ в послеоперационном периоде предлагается использовать новый параметр – TS (TAPSE Strain). Этот показатель комплексно характеризует сократительную способность миокарда и его адаптацию к изменению постнагрузки, что делает его более информативным для контроля процесса восстановления.

6. При проведении контрольных эхокардиографических исследований после коррекции ДМПП (6 и 12 месяцев) следует ожидать и считать закономерным этапом восстановления снижение сократимости ПЖ на фоне нормализации его объемов. Данное состояние не следует расценивать как признак сердечной недостаточности, требующей усиления медикаментозной терапии.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК

1. Left atrial shape and function after endovascular and surgery atrial septal defects correction in children / A. A. Sokolov, V. I. Varvarenko, O. A. Egunov, **A. V. Smorgon** // The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine. – 2024. – Vol. 39, No. 4. – P. 162-170. – DOI 10.29001/2073-8552-2024-39-4-162-170.

2. Амплитуда систолического смещения плоскости фиброзного кольца трикуспидального клапана в оценке сократимости правого желудочка у детей / **А. В. Сморгон**, А. А. Соколов, М. В. Солдатенко // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2025. – Т. 40, № 1. – С. 69-76. – DOI 10.29001/2073-8552-2025-40-1-69-76.

Материалы конференции

1. Особенности ремоделирования камер сердца у детей с дефектом межпредсердной перегородки при естественном течении порока и после хирургической коррекции / **А. В. Сморгон**, А. А. Соколов, М. В. Солдатенко // Кардиология XXI века: альянсы и потенциал: Материалы Пятого Всероссийского научно-образовательного форума с международным участием "Кардиология XXI века: альянсы и потенциал" совместно с XV научно-практической конференцией с международным участием "Клиническая электрофизиология и интервенционная аритмология"; XXIII научно-практическим семинаром молодых ученых "Актуальные вопросы экспериментальной и клинической кардиологии", Томск, 24–26 апреля 2024 года. – Томск: НИИ кардиологии Томского НИМЦ, 2024. – С. 43.

2. Сравнение результатов хирургической и эндоваскулярной коррекции дефекта межпредсердной перегородки с помощью SPECKLE TRACKING эхокардиографии / **А. В. Сморгон**, А. А. Соколов, М. В. Солдатенко // Кардиология XXI века: альянсы и потенциал: Материалы Пятого Всероссийского научно-образовательного форума с международным участием "Кардиология XXI века: альянсы и потенциал" совместно с XV научно-практической конференцией с международным участием "Клиническая электрофизиология и интервенционная аритмология"; XXIII научно-практическим семинаром молодых ученых "Актуальные вопросы экспериментальной и клинической кардиологии", Томск, 24–26 апреля 2024 года. – Томск: НИИ кардиологии Томского НИМЦ, 2024. – С. 44.

Свидетельства о регистрации базы данных и программы для ЭВМ

1. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620928 Российская Федерация. Научный регистр ультразвуковых исследований сердца и сосудов: № заявки 2022620734; заявл. 13.04.2022; опублик. 22.04.2022 / К.В. Завадовский, В.Х. Ваизов, А.В. Врублевский, Е.Н. Павлюкова, М.В. Колосова, Рябова Т.Р., **А.В. Сморгон**, М.В. Солдатенко, А.А. Соколов, А.А. Бощенко; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук».

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU 2019613593 Российская Федерация. Программа для оценки диастолической функции левого желудочка: № заявки: 2019612081; заявл. 04.03.2019; опублик. 19.03.2019 / М.В. Солдатенко, **А.В. Сморгон**, А.А. Соколов; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук».

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ДМПП – дефект межпредсердной перегородки
ДНлж – давление наполнения левого желудочка
ИГЛФ – индекс глобальной функции левого желудочка
ИММ – индекс массы миокарда
ИС – индекс сферичности
КДИ – конечно диастолический индекс
КДО – конечно диастолический объем
КСИ – конечно систолический индекс
КСО – конечно систолический объем
ЛЖ – левый желудочек
ЛПИ – индексированный объем левого предсердия
ОТС – относительная толщина стенок
ПЖ – правый желудочек
ППИ – индексированный объем правого предсердия
СДПЖ – систолическое давление правого желудочка
УОЛЖ – ударный объем левого желудочка
УОПЖ – ударный объем правого желудочка
ФВ – фракция выброса
ЭКГ – электрокардиография
ЭхоКГ – эхокардиография
BSA – площадь поверхности тела
disLV – внутрижелудочковая диссинхрония левого желудочка
GLS – глобальная продольная деформация
STE – спекл трекинг эхокардиография
TAPSE – амплитуда смещения плоскости фиброзного кольца в систолу

Научное издание

СМОРГОН АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ СЕРДЦА У ДЕТЕЙ С ДЕФЕКТАМИ МЕЖПРЕДСЕРДНОЙ
ПЕРЕГОРОДКИ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ ТЕЧЕНИИ И ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОЙ
КОРРЕКЦИИ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата медицинских наук

Подписано в печать 20.01.2026 г. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 1,37. Уч.-изд. л. 1,0.

Тираж 100 экз.
