

На правах рукописи

Унашева Аниса Исламгалиевна

**МЕХАНИКА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА
У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, РОЖДЁННЫХ ДОНОШЕННЫМИ**

14.01.05 – кардиология

14.01.08 – педиатрия

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени

кандидата медицинских наук

Томск – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук» Научно-исследовательский институт кардиологии

Научные руководители: доктор медицинских наук, профессор
Павлюкова Елена Николаевна
доктор медицинских наук, профессор
Колосова Марина Владимировна

Официальные оппоненты:

Орехова Екатерина Николаевна, доктор медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, отделение функциональной и ультразвуковой диагностики, заведующий

Игишева Людмила Николаевна, доктор медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», лаборатория пороков сердца, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург.

Защита состоится «___» _____ 2021 года в __. __ часов на заседании диссертационного совета Д 002.279.02 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 «___» _____ 2021 года

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор медицинских наук



Гракова
Елена Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Рост, структурное и функциональное совершенствование органов кровообращения продолжают в течение всего периода детства и происходят неравномерно, при неодинаковом созревании отдельных частей, на фоне интенсивно текущих процессов обмена, особенностей иннервации и нейрохимической регуляции [Исаева Л.А. с соавт., 1986]. Эволюционирование составляющих элементов детского сердца в процессе постнатального онтогенеза стало возможным для анализа и популяризации новых данных вследствие активного внедрения в диагностику неинвазивных ультразвуковых технологий, в частности технологии «след пятна» (Speckle Tracking Imaging – 2D Strain) [Козлов П.С., 2010; Amundsen B.H. et al., 2006; Levy P.T. et al., 2013; Singh G.K. et al., 2010]. Данная ультразвуковая недоплеровская технология позволяет изучать закономерности становления контрактильной функции детского и подросткового сердца, проявляющиеся различными возрастными особенностями механики левого желудочка (ЛЖ) [Alp H. et al., 2012; Blessberger H. et al., 2010; Burns A.T. et al., 2008; Forsey J. et al., 2014; Goudar S.P. et al., 2016; Iwashima S. et al., 2013; James A.T. et al., 2014; Mertens L. et al., 2011; Nestaas E. et al., 2011; Voigt J.U. et al., 2015].

Сегодня не вызывает сомнений утверждение, что спиральная ориентация мышечных волокон ЛЖ является структурной основой ротационного движения ЛЖ, при котором верхушка сердца совершает движение против часовой стрелки, а основание – по часовой стрелке [Alizadehasl A. et al., 2017; Buckberg G. D. et al., 2014; Henson R.E. et al., 2000; Mor-Avi V. et al., 2011; Nakatani S., 2011; Opdahl A. et al., 2008; Torrent-Guaspa F. et al., 2001]. Ротация верхушки по отношению к основанию против часовой стрелки в систолу приводит к скручиванию ЛЖ, а в диастолу – к раскручиванию. Установлено, что ротационная функция ЛЖ играет важную роль при формировании фракции выброса (ФВ) и наполнении ЛЖ [Kroeker C.A. et al., 1995; McDonald I.G., 1970; Moon M.R. et al., 1994; Rademakers F.E. et al., 1992]. Доказано, что апикальная ротация более чувствительна к изменениям регионарной функции ЛЖ [Buchalter M.V. et al., 1994; Hansen D.E. et al., 1991; Kroeker C.A. et al., 1995; Moon M.R. et al., 1994]. Взаимосвязь геометрии полости ЛЖ с ротацией, скручиванием и раскручиванием ЛЖ не вызывает сомнений, поскольку в ранее проведённых исследованиях у практически здоровых взрослых добровольцев показана параболическая зависимость индекса сферичности с апикальной ротацией и скручиванием ЛЖ [van Dalen B.M. et al., 2010].

До недавнего времени имплантация рентгеноконтрастных маркеров, двухмерная видеоангиография, оптические приборы, гироскопические датчики, сонометрия и магнитно-резонансная томография были единственными методами оценки ротации и скручивания ЛЖ [Buchalter M.V. et al., 1990; Sandstede J.J.W. et al., 2002]. Однако сонометрия является агрессивным методом исследования и может использоваться только в эксперименте с животными, находящимися под анестезией. Использование магнитно-резонансной томографии в рутинной практике ограничено стоимостью,

длительностью исследования, технической сложностью анализа данных [Amundsen B.H. et al., 2006; Leitman M. et al., 2004]. Технология «след пятна» (Speckle Tracking Imaging – 2D Strain) является неинвазивным методом исследования и её применение в педиатрии для оценки деформации, ротации и скручивания ЛЖ целесообразно. Полученные данные могут являться ключом к пониманию адаптационных процессов в механике ЛЖ и ПЖ при патологии сердца (врождённых и приобретённых пороках, кардиомиопатиях, нарушениях ритма у детей и подростков) [Arts T. et al., 2001; Haber I. et al., 2005; Jin S.M. et al., 2007; Laser K.T. et al., 2014; Pettersen E. et al., 2008; Russel I.K. et al., 2011; Sengupta P.P. et al., 2006; 2008].

Несмотря на достаточно активное изучение и обобщение информации различными исследовательскими группами по механике детского сердца в последние годы [Al-Naami G.H., et al., 2010; Boissiere J. et al., 2013; Kim C.S et al., 2016; Notomi Y. et al., 2006; Zhang L. et al., 2013], до настоящего времени не описаны ряд аспектов эволюционирования контрактильности детского сердца в процессе роста и развития, в частности, особенности ротационных механизмов ЛЖ у детей раннего возраста, сроки изменения на «взрослый тип» направления движения базальных сегментов ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, что и определило планирование и выполнение данного исследования.

Гипотеза исследования. Постнатальный онтогенез ЛЖ здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, характеризуются существованием нескольких вариантов механики ЛЖ, а не одним, как ранее отмечалось в литературе. Существование различных типов механики ЛЖ эволюционно целесообразно, функционально эффективно и является следствием процессов развития и роста тканей сердца в постнатальный период.

Цель исследования. Изучить механику ЛЖ у детей и подростков, рождённых доношенными.

Задачи исследования:

1. Оценить ротацию на уровне базальных, верхушечных сегментов, папиллярных мышц в конце систолы и скручивание ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными.

2. Изучить влияние возраста, частоты сердечных сокращений (ЧСС), геометрии полости, диастолической функции ЛЖ на механику ротационных процессов в систолу у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными.

3. Установить зависимость ротации апикальных, базальных сегментов и сегментов на уровне папиллярных мышц в первую треть систолы ЛЖ от возраста, показателей деформации ЛЖ в продольном направлении и по окружности, типа скручивания ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными.

4. Определить деформацию ЛЖ в продольном направлении и по окружности, сопоставив с ротацией (базальной и апикальной, на уровне папиллярных мышц) и скручиванием ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными.

5. Провести анализ ротации ЛЖ в апикальных, базальных сегментах, на уровне папиллярных мышц в период раннего наполнения и раскручивания ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными.

6. Оценить взаимосвязь возраста, ЧСС, индекса сферичности, массы миокарда (ММ), диастолической функции ЛЖ с раскручиванием и ротацией на уровне базальных, верхушечных сегментов, папиллярных мышц в период раннего наполнения ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными.

Научная новизна. Впервые получены новые знания фундаментального характера по возрастной физиологии сердечно-сосудистой системы, дополняющие современные представления о закономерностях постнатального роста, развития и функционирования ЛЖ у здоровых детей периода раннего, дошкольного и школьного возраста, рождённых доношенными, посредством характеристики механики ЛЖ.

Впервые предложена классификация вариантов скручивания ЛЖ по признаку направления движения ЛЖ на уровне апикальных, базальных сегментов и папиллярных мышц в зависимости от их направления движения «по часовой стрелке» и «против часовой стрелки». Впервые предложены нормативные значения параметров механики ЛЖ при различных типах скручивания и раскручивания ЛЖ. Впервые показана возможность эволюционирования выделенных типов скручивания и раскручивания ЛЖ из одного типа в другой в процессе онтогенеза у здоровых детей и подростков в возрасте от одного месяца до 18 лет, рождённых доношенными.

Впервые показано влияние возраста, пола, росто-весовых показателей, ЧСС, геометрии полости, массы миокарда и давления наполнения в ЛЖ на его ротацию на уровне базальных, апикальных сегментов и папиллярных мышц при различных типах скручивания ЛЖ у здоровых детей и подростков в возрасте от одного месяца до 18 лет, рождённых доношенными.

Впервые описаны варианты ротации ЛЖ в первую треть систолы у здоровых детей и подростков в возрасте от одного месяца до 18 лет, рождённых доношенными. Выявлен феномен «отсутствия скручивания ЛЖ» у здоровых детей в возрасте до четырёх лет. Эффект «скручивания» ЛЖ в первую треть систолы у здоровых детей и подростков в возрасте от одного месяца до 18 лет, рождённых доношенными, установлен в 87,04 % случаев. Описана связь феномена «отсутствия скручивания ЛЖ» со временем до пиковой скорости скручивания ЛЖ, значениями глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении, росто-весовыми показателями и возрастом детей и подростков.

Впервые дан анализ глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении и по окружности, предложены их нормативные значения с точки зрения существования различных типов скручивания ЛЖ в процессе онтогенеза у здоровых детей и подростков в возрасте от одного месяца до 18 лет, рождённых доношенными.

Отличие полученных новых научных результатов от результатов, полученных другими авторами. Впервые с использованием ультразвуковой технологии «след пятна» (Speckle Tracking Imaging – 2D Strain) показаны

основные типы скручивания ЛЖ в систолу и диастолу, и предложена их классификация у здоровых детей и подростков в возрасте от одного месяца до 18 лет, рождённых доношенными. Отмечено, что выделенные 4 типа скручивания ЛЖ не являются статичными формами, а трансформируются в процессе роста и развития. Впервые высказана гипотеза «эволюционирования типов скручивания ЛЖ».

Впервые описан характер ротации ЛЖ в первую треть систолы у здоровых детей и подростков в возрасте от одного месяца до 18 лет, рождённых доношенными, встречающейся в форме феномена «отсутствия скручивания» и движения базальных сегментов «против часовой стрелки» при одномоментном движении апикальных сегментов «по часовой стрелке» (наличие скручивания).

Впервые дана оценка глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении и по окружности эндокардиального, среднего и эпикардиального слоёв, времени до максимальной глобальной деформации, времени до максимальной скорости глобальной деформации ЛЖ по окружности в зависимости от типа скручивания ЛЖ в систолу и от возраста здоровых детей и подростков, рождённых доношенными.

Впервые в целях внедрения новых неинвазивных диагностических технологий в детской кардиологии и педиатрии и осуществления непрерывного совершенствования нормативных данных и стандартов для инструментальных методов исследования сердечно-сосудистой системы с использованием ультразвуковой технологии «след пятна» (Speckle Tracking Imaging – 2D Strain) проведена количественная оценка параметров механики ЛЖ (ротация на уровне базальных, апикальных сегментов и папиллярных мышц, скручивание и раскручивание ЛЖ, деформация эндокардиального, среднего и эпикардиального слоев в продольном направлении и по окружности в период систолы и диастолы) в процессе постнатального роста и развития сердца у здоровых детей раннего, дошкольного и школьного возраста, рождённых доношенными. Предложены нормативные значения параметров механики ЛЖ.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные новые знания фундаментального характера об особенностях механики ЛЖ в онтогенезе у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, позволят в перспективе диагностировать варианты индивидуального развития механики ЛЖ у здоровых детей и подростков в процессе роста и развития, выявлять на ранних этапах субклиническую дисфункцию ЛЖ и определять эффективность комплексных терапевтических мероприятий.

Практическое внедрение полученных результатов. Основные положения и результаты диссертационной работы внедрены в клиническую практику НИИ кардиологии Томского НИМЦ, в цикл тематического усовершенствования «Ультразвуковая диагностика в кардиологии» на базе НИИ кардиологии Томского НИМЦ. Данные диссертационной работы использованы при создании новой медицинской технологии «Разработка нормативов для новых показателей сократимости левого желудочка в онтогенезе у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, и ранняя диагностика нарушения сократимости» (акт внедрения от 20 октября 2016 г.

№ 26), при выполнении методических рекомендаций по новой медицинской технологии «Улучшение диагностики контрактильности левого желудочка у здоровых доношенных детей в процессе онтогенеза»

Методология и методы исследования. Методологическую основу настоящего исследования составили библиографический метод с изучением трудов зарубежных и отечественных исследователей по проблеме механики сердца у детей и взрослых, статистический и аналитический методы. В работе на различных этапах исследования применены клинико-анамнестический метод исследования, стандартная ЭКГ и ЭхоКГ, и «след пятна» (Speckle Tracking Imaging – 2D Strain).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Для различных возрастных групп здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, характерно существование четырёх типов скручивания ЛЖ в систолу: 1-й тип, «взрослый» (движение апикальных сегментов «против часовой стрелки», движение базальных сегментов и сегментов на уровне папиллярных мышц – «по часовой стрелке»), зарегистрирован у 58,33% детей и подростков; 2-й тип (однонаправленное вращение ЛЖ «против часовой стрелки» на уровне всех сегментов) – в 18,51% случаев; 3-й тип (однонаправленное вращение на уровне базальных и верхушечных сегментов «против часовой стрелки», а на уровне папиллярных мышц – «по часовой стрелке») – в 13,88% случаев; 4-й тип (направление движения «по часовой стрелке» на уровне верхушечных сегментов и папиллярных мышц) выявлен в 9,26% случаев.

2. Механика ЛЖ в фазу диастолы характеризуется у здоровых детей и подростков в возрасте от 1 месяца до 18 лет, рождённых доношенными, существованием четырёх типов раскручивания, соответствующих каждому варианту скручивающего движения (типу скручивания) ЛЖ в систолу.

3. Деформация ЛЖ в продольном направлении и по окружности не зависит от типа скручивания ЛЖ, возраста и пола у здоровых детей и подростков в возрасте от 1 месяца до 18 лет, рождённых доношенными.

4. Возрастные изменения ЛЖ у детей и подростков сопровождаются трансформацией торсионных механизмов при различных типах скручивания и эволюционированием типов скручивания ЛЖ. Выявленные закономерности изменения механики ЛЖ в систолу в группе здоровых детей и подростков от 1 месяца до 18 лет, рождённых доношенными, обусловлены индивидуальными особенностями роста и развития тканей сердца.

Связь работы с научными программами. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом НИИ кардиологии Томского НИМЦ по фундаментальной теме «Фундаментальные аспекты возникновения и развития социально значимых сердечно-сосудистых заболеваний; выявление мишеней для диагностики, лечения и улучшения прогноза, механизмы защиты» (номер АААА-А15-115123110026-3 от 31.12.2015) и прикладной теме института «Разработка и внедрение новых высокотехнологичных подходов к диагностике, персонализированной профилактике и терапии социально значимой

кардиологической патологии» (номер АААА-А17-117052310073-6 от 23.05.2017).

Достоверность выводов и рекомендаций. Диссертационное исследование проведено согласно надлежащим правилам и принципам клинической практики. Для выполнения поставленных задач набран клинический материал согласно необходимой мощности, что составило 108 здоровых детей и подростков в возрасте от 1 месяца до 18 лет, рождённых доношенными, относящихся к группе здоровья I-II. В исследовании использовалась ультразвуковая технология «след пятна» (Speckle Tracking Imaging – 2D Strain).

Применены современные методы статистического анализа. Всё вышеперечисленное является свидетельством высокой достоверности выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе.

Апробация работы. Основные положения диссертации представлены на «II Межрегиональной конференции кардиологов и терапевтов» симпозиума молодых ученых, (г. Ульяновск, 5-6 декабря 2016 г. - 2 место); на конференции «Актуальные вопросы педиатрии памяти Л.А. Матвеевой», (г. Томск, 2 декабря 2016 г.); на VIII Всероссийской школе-семинаре с международным участием «Врождённые пороки сердца в детской кардиологии: от генетики до кардиохирургии», (г. Томск, 8-9 декабря 2016 г.); на «VIII Международном конгрессе «Кардиология на перекрёстке наук»», (г. Тюмень, 24-26 мая 2017 г.); на «Российском национальном конгрессе кардиологов», (г. Санкт-Петербург, 24-27 октября 2017 г. - 1 место в конкурсе постерных докладов в рамках Российского национального конгресса кардиологов); на VIII ежегодной научно-практической конференции «Актуальные проблемы ультразвуковой диагностики патологии сердца и сосудов - Ультразвуковая диагностика врожденных пороков сердца» (г. Новосибирск, 14 ноября 2017 г.); на Европейском конгрессе EuroEcho Imaging (г. Лиссабон, Португалия, 6-9 декабря 2017 г.); на II Всероссийской научно-практической конференции «Фундаментальная и клиническая электрофизиология сердца. Актуальные вопросы аритмологии» (г. Казань, 6-7 апреля 2018 г.); на II Международном конгрессе по эхокардиографии «Эхо белых ночей - 2018» (г. Санкт-Петербург, 4-6 октября 2018 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК Минобрнауки России, рекомендованных для публикации основных результатов кандидатских и докторских диссертаций, в тезисах и материалах международных, всероссийских и региональных конференций.

Личный вклад автора. Анализ данных литературы по теме диссертационной работы, сбор первичных клинических, лабораторных и инструментальных данных, статистическая обработка, анализ полученных результатов, написание диссертации и научных статей выполнены лично автором. Постпроцессинговая обработка эхокардиографических данных с использованием технологии Speckle Tracking Imaging – 2D Strain и составление базы данных выполнены лично автором.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 178 страницах, иллюстрирована 26 таблицами (из них 5 таблиц в приложении), 55 рисунками (из них 1 рисунок в приложении), состоит из введения, обзора литературы, главы, посвященной материалам и методам, главы собственных результатов и их обсуждения, выводов и главы клинического значения полученных результатов. Список литературы содержит 383 источника, из них 71 отечественный и 312 зарубежных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Исследования выполнены на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук» Научно-исследовательский институт кардиологии, г. Томск (директор – академик РАН С.В. Попов, до июля 2015 г. директор – академик РАН Р.С. Карпов) у 118 здоровых детей и подростков, рождённых доношенными (средний срок гестации - $39,5 \pm 2,5$ недель), в возрасте от 1 месяца до 18 лет, которые относились к группе диспансерного наблюдения I-II (согласно приказу Министерства здравоохранения РФ от 21 декабря 2012 г. № 1346н «О порядке прохождения несовершеннолетними медицинских осмотров, в том числе при поступлении в образовательные учреждения и в период обучения в них»), за период апрель 2014 г. - июнь 2017 г. Анализ механики ЛЖ был возможен у 108 из 118 здоровых детей и подростков, рождённых доношенными. Протокол исследования детей и подростков был одобрен этическим комитетом НИИ кардиологии г. Томска (протокол № 126 от 06.11.2014 г.). Перед включением в данное исследование от всех родителей детей до 15 лет и подростков старше 15 лет было получено добровольное письменное информированное согласие на проведение стандартной ЭхоКГ с последующей оценкой механики ЛЖ.

К I группе здоровья отнесены здоровые несовершеннолетние, имеющие нормальное физическое и нервно-психическое развитие, не имеющие анатомических дефектов, функциональных и морфофункциональных отклонений; ко II группе здоровья отнесены несовершеннолетние, у которых отсутствуют хронические заболевания, но имеются некоторые функциональные и морфофункциональные нарушения, реконвалесценты, в анамнезе перенесшие инфекции (приказ Министерства здравоохранения России от 30 дек. 2003 г. № 621 «О комплексной оценке состояния здоровья детей»). Большинство детей и подростков, принявших участие в настоящем исследовании, включены в I группу здоровья, что составило 93 человека (86,11%). Пятнадцать детей и подростков (13,88%) относились ко II группе здоровья. Социальный и эпидемиологический, акушерский, генеалогический анамнез по заболеваниям сердечно-сосудистой системы не отягощены. У всех детей и подростков, включенных в данное исследование, регистрировался синусовый ритм и отсутствие патологических изменений на электрокардиограмме (ЭКГ).

Критериями исключения из исследования служили: отказ родителей от обследования детей, недоношенность, наличие внутриутробных инфекций, нарушения физического развития вследствие наличия заболеваний эндокринной системы, задержка нервно-психического развития, наличие любой

хронической патологии, период реконвалесценции после острых респираторных заболеваний менее 6 месяцев, отягощенный семейный анамнез по гипертрофической и дилатационной кардиомиопатии, ишемической болезни сердца, артериальной гипертензии, патологические изменения на ЭКГ, наличие открытого овального окна и открытого артериального протока по стандартной эхокардиографии.

В зависимости от возраста дети и подростки были разделены на следующие подгруппы:

- от 1 месяца до 3 лет (n=29; 26,85%);
- от 3 до 6 лет (n=21; 19,44 %);
- от 6 до 11 лет (n=27; 25,00 %);
- старше 11 лет (n= 31; 28,71%).

В исследовании приняли участие 61 мальчик (56,48%) и 47 девочек (43,52%). По половому соотношению выделенные ранее подгруппы детей между собой не различались.

Дизайн исследования. В исследование включены здоровые дети и подростки, рождённые доношенными, в возрасте от 1 месяца до 18 лет. Дети и подростки были разделены по 4 группам в зависимости от возраста, проведён анализ амбулаторных карт детских поликлиник (форма 112/у), осуществлён клинический осмотр. После комплексного обследования дети и подростки приглашались в НИИ кардиологии Томского НИМЦ, г. Томска для проведения дальнейшего исследования.

Дизайн исследования: пилотное, одномоментное исследование.

Исследование одобрено лечебно-экспертной комиссией по биомедицинской этике НИИ кардиологии (протокол № 124 от 06.11.2014). Родители всех детей и подростки старше 15 лет, участвовавшие в исследовании, давали информированное согласие на проведение обследования. Этапы исследования представлены на рисунке 1.

Методы исследования. ЭхоКГ выполнена на ультразвуковой системе Vivid E9 (GE, *Healthcare*) с использованием матричного датчика M5S (1,5-4,6 МГц).

Стандартная эхокардиография. ЭхоКГ была выполнена в двухмерном режиме из парастернальной позиции по короткой оси ЛЖ на уровне митрального клапана (МК), папиллярных мышц (ПМ), верхушки сердца и апикальных позиций (по длинной оси ЛЖ, на уровне 2 и 4 камер). Конечный систолический (КСО), конечный диастолический объёмы (КДО) и ФВ ЛЖ оценивали по Simpson [Lang R.M. et al., 2015]. В парастернальной позиции по длинной оси ЛЖ проводился расчет толщины межжелудочковой перегородки (МЖП) и задней стенки (ЗС) ЛЖ на уровне зубца Q_{ЭКГ} и определяли конечный диастолический и систолический размер ЛЖ с последующим расчётом массы миокарда ЛЖ (ММЛЖ) и индекса ММЛЖ (ИММЛЖ) [Lang R.M. et al., 2015].

В импульсно-волновом доплерографическом режиме по спектру трансмитрального потока определяли значения максимальных скоростей E_{mitr} и A_{mitr} , и их отношение (E/A_{mitr}). Период изоволюмического расслабления (IVRT) ЛЖ рассчитывали по времени между окончанием кровотока в выносящем тракте ЛЖ и началом трансмитрального потока. Используя технологию тканевого доплеровского изображения миокарда в импульсном режиме, оценивали скорость движения фиброзного кольца (ФК) МК на стороне боковой

стенки ЛЖ в период ранней диастолы (E_m) и систолы (S_m). По значениям показателей трансмитрального потока E_{mitr} и скорости движения ФК МК E_m оценивали значение показателя E_{mitr}/E_m [Lang R.M. et al., 2015]. Показатели стандартной ЭхоКГ приведены в таблице 1.



Рисунок 1 – Этапы исследования детей и подростков, рождённых доношенными, в возрасте от 1 месяца до 18 лет

Показатели механики ЛЖ. Технология «след пятна» (Speckle Tracking Imaging-2D Strain) в двухмерном режиме выполнена для оценки механики ЛЖ. Зарегистрированные в серошкальном изображении кинопетли (в количестве не менее 3 циклов) переносили на рабочую станцию «EchoPAC» (GE, *Healthcare*), где в режиме *off-line* оценивали показатели механики ЛЖ (версия 113.1). Двухмерные изображения ЛЖ, зарегистрированные из парастеральной позиции, автоматически «замораживались» в конце систолы и проводилось оконтуривание границ эндокарда с формированием региона интереса. Затем «автоматически» получали изогнутый М-режим, кривые ротации (Rotation, $^{\circ}$), скорости ротации (Rotation Rate, $^{\circ}/c^{-1}$) от сегментов ЛЖ, кривые глобальной ротации и скорости глобальной ротации, а так же кривые Strain (%) и Strain Rate (c^{-1}) от сегментов ЛЖ, кривые глобальной деформации и скорости глобальной деформации ЛЖ по окружности. По двухмерным изображениям ЛЖ из парастеральной позиции по короткой оси ЛЖ на уровне базальных, верхушечных сегментов и папиллярных мышц (ПМ) оценивали ротацию ЛЖ на уровне базальных сегментов (Rot_{MV}), ПМ (Rot_{PM}) и верхушечных сегментов (Rot_{Apex}) в конце систолы, а также скорость ротации (RotR) в систолу и в раннюю диастолу на вышеуказанных уровнях, а также ротацию и скорость

ротации каждого из 6 визуализируемых сегментов ЛЖ. Скручивание ЛЖ (Twist) определяли автоматически или как разность значений апикальной (Rot_{Apex}) и базальной ротации (Rot_{MV}) в систолу, выраженную в градусах. Скорость скручивания (Twist Rate) определяли либо автоматически, либо по разности значений скоростей ротации ЛЖ на уровне верхушечных и базальных сегментов. Раскручивание (Untwist) оценивали как разность скоростей ротации ЛЖ на уровне верхушечных и базальных сегментов в период ранней диастолы ($Untwist = RotR_{Apex}E - RotR_{MV}E$), либо автоматически.

Таблица 1 – Показатели стандартной ЭхоКГ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, в возрасте от 1 месяца до 18 лет

Показатели	Возраст детей, г	M ± SD	Me	Минимальное – максимальное значение	Различия по Kruskal – Wallis ANOVA (H, p)
КДО (Simpson) на ППТ, мл/м ²	1 мес до 3 лет	46,27 ± 16,21	44,62	23,52 – 104,76	H=8,118 p=0,044
	От 3 до 6 лет	51,21 ± 12,13	48,49	26,15 – 70,49	
	От 6 до 11 лет	52,50 ± 11,41	51,99	33,09 – 74,00	
	От 11 до 18 лет	51,21 ± 18,86	45,03	26,28 – 118,00	
КСО (Simpson) на ППТ, мл/м ²	1 мес до 3 лет	10,52 ± 4,90	10,17	3,33 – 20,51	H=8,589 p=0,0353
	От 3 до 6 лет	11,82 ± 3,65	11,81	3,07 – 18,57	
	От 6 до 11 лет	13,42 ± 4,50	13,04	6,75 – 21,62	
	От 11 до 18 лет	13,86 ± 6,81	13,66	3,10 – 36,00	
ФВ ЛЖ %	1 мес до 3 лет	76,37 ± 9,23	75,00	57,14 – 93,18	H=2,822 p= 0,420
	От 3 до 6 лет	76,78 ± 6,41	75,00	66,66 – 88,23	
	От 6 до 11 лет	74,40 ± 6,09	75,86	58,82 – 87,27	
	От 11 до 18 лет	72,76 ± 8,81	71,66	55,93 – 93,44	
Индекс сферичности ЛЖ в диастолу, усл.ед	1 мес до 3 лет	0,581 ± 0,083	0,592	0,400 – 0,721	H=8,683 p=0,0338
	От 3 до 6 лет	0,580 ± 0,069	0,579	0,464 – 0,708	
	От 6 до 11 лет	0,566 ± 0,072	0,555	0,457 – 0,762	
	От 11 до 18 лет	0,570 ± 0,085	0,532	0,427 – 4,500	
МЖП на ППТ, мм/м ²	1 мес до 3 лет	8,971 ± 3,130	9,302	4,918 - 15,385	H=42,997 p=0,0000
	От 3 до 6 лет	6,098 ± 1,216	6,018	4,054 - 8,696	
	От 6 до 11 лет	5,373 ± 1,073	5,455	3,158 - 8,108	
	От 11 до 18 лет	4,121 ± 1,931	3,704	2,400 - 12,000	
Задняя стенка ЛЖ на ППТ, мм/м ²	1 мес до 3 лет	8,892 ± 2,457	8,824	5,455 – 13,158	H=40,022 p=0,0000
	От 3 до 6 лет	6,712 ± 1,668	6,557	4,054 – 10,169	
	От 6 до 11 лет	5,407 ± 1,437	5,001	3,158 – 8,108	
	От 11 до 18 лет	4,578 ± 1,467	4,114	2,400 – 10,000	
ИММЛЖ, г/м ²	1 мес до 3 лет	44,48 ± 12,41	42,91	27,26 – 69,56	H=7,665 p=0,0535
	От 3 до 6 лет	46,26 ± 11,57	44,51	30,75 – 70,84	
	От 6 до 11 лет	46,47 ± 12,18	44,49	28,48 – 86,94	
	От 11 до 18 лет	58,24 ± 22,43	52,07	31,67 – 125,64	
E _{mitr} , см/с	1 мес до 3 лет	101,63 ± 16,76	100,0	70,00 – 138,00	H=4,444 p=0,217
	От 3 до 6 лет	95,35 ± 16,75	90,50	74,00 – 120,00	
	От 6 до 11 лет	98,11 ± 16,09	100,00	67,00 – 124,00	
	От 11 до 18 лет	91,17 ± 13,03	88,00	69,00 – 124,00	

По кривым, полученным из апикальной позиции на уровне 4, 2 камер и по длинной оси ЛЖ, рассчитывали глобальную деформацию ЛЖ (Global Longitudinal Strain – GLS) и скорость глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении в систолу (Global Longitudinal Strain Rate – GLSR), в период ранней диастолы (Global Longitudinal Strain RateE – GLSRE), а также деформацию и скорость деформации каждого из 6 визуализируемых сегментов ЛЖ. Аналогично были получены кривые глобальной и регионарной деформации эндокардиального, среднего и эпикардиального слоев ЛЖ в продольном направлении и по окружности. Значения GLS_{Avg} эндокардиального и эпикардиального слоев получали автоматически или рассчитывали по формуле: для эндокардиального слоя – $Global\ Longitudinal\ Strain_{endo}AVG (GLS_{endo}AVG) = (GLS_{endo}5C + GLS_{endo}4C + GLS_{endo}2C)/3$ и для эпикардиального слоя $Global\ Longitudinal\ Strain_{epi}AVG (GLS_{epi}AVG) = (GLS_{epi}5C + GLS_{epi}2C + GLS_{epi}4C)/3$ соответственно. Кроме того, были оценены временные показатели механики ЛЖ: время до пиковой деформации в систолу в продольном направлении (Time to GLS) и по окружности (Time to GCS), время до пика ротации ЛЖ в систолу (Time to Rot_{MV}, Time to Rot_{PM}, Time to Rot_{Apex}), время до пика скручивания ЛЖ в систолу (Time to Twist), раскручивания ЛЖ в период ранней диастолы (Time to Untwist).

Внутриоператорская и межоператорская воспроизводимость. В анализ включено 10 здоровых детей в возрасте от 1 года до 18 лет, выбранных случайным образом. Внутриоператорская воспроизводимость оценивалась одним и тем же исследователем спустя 2 недели после первоначальной оценки без просмотра результатов предыдущего исследования.

Другой эксперт, не знакомый с результатами оценки первого исследователя, производил анализ параметров выбранных записей с последующей оценкой межоператорской воспроизводимости. Возможность метода составила 91,52%. Показатели воспроизводимости у одного и того же исследователя представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели внутриоператорской воспроизводимости параметров ротации на уровне митрального клапана, папиллярных мышц, верхушки и скручивания ЛЖ

Показатель	ИСС (95% ДИ)	Средняя разность измерений	Стандартное отклонение разностей	Стандартная ошибка измерений
Rot _{MV} , °	0,999 (-0,290-0,061)	0,114	0,245	0,078
Rot _{PM} , °	0,997 (-0,415 – 0,197)	0,109	0,428	0,135
Rot _{Apex} , °	0,999 (-0,043 – 0,138)	0,048	0,118	0,039
Twist, °	0,998 (-0,393-0,263)	0,065	0,458	0,144

Примечание. ИСС – внутриклассовый коэффициент корреляции ДИ – доверительный интервал.

Таким образом, средняя разность измерений глобальной ротации на уровне базальных и апикальных сегментов, ПМ, верхушки и скручивания ЛЖ не превышала 1%, что свидетельствовало об отсутствии систематического

расхождения. Стандартное отклонение разностей по всем исследуемым параметрам составило не более 0,458, что невелико по сравнению с самими значениями ротации. Разброс разностей значений двух измерений не выходил за рамки $\pm 1,96 SD$.

Значения ротации ЛЖ на уровне базальных и верхушечных сегментов, ПМ и скручивания показали высокий уровень внутриклассовой корреляции. В совокупности режим 2D Strain обладает высокой воспроизводимостью у одного и того же исследователя.

Межоператорская воспроизводимость оказалась ниже внутриоператорской, тем не менее, ее показатели были удовлетворительными (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели внутриоператорской воспроизводимости параметров ротации на уровне митрального клапана, папиллярных мышц, верхушки сердца, скручивания ЛЖ

Показатель	ICC (95% ДИ)	Средняя разность измерений	Стандартное отклонение разностей	Стандартная ошибка измерений
Rot _{MV} , °	0,995 (-0,534 -0,570)	0,118	0,772	0,244
Rot _{PM} , °	0,985 (-0,716-0,593)	0,062	0,915	0,289
Rot _{Арех} , °	0,935 (-1,147-1,275)	0,064	1,693	0,535
Twist, °	0,995 (-0,324-0,868)	0,272	0,833	0,263

Примечание. ICC – внутриклассовый коэффициент корреляции, ДИ – доверительный интервал

Методы статистического анализа. Гипотеза о гауссовском распределении по критериям Колмогорова – Смирнова в форме Лиллиефорса (Lilliefors) и Шапиро – Уилка (Shapiro – Wilk) была отвергнута, поэтому был выполнен тест Манна – Уитни (Manna – Whitney U-test). При использовании таблиц сопряженности вычисляли значение Пирсона (χ^2), число степеней свободы (df), достигнутый уровень значимости для этого значения статистики. Для оценки силы связи двух качественных переменных определяли значения таких мер связи, как коэффициент контингенции (CC) и Phi-коэффициент. Оценка корреляционных связей между парами количественных признаков осуществлялась с использованием непараметрического рангового коэффициента Спирмена. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости p принимался равным 0,05. Результаты представлены в виде $M \pm SD$ (где M — среднее арифметическое, SD — стандартное отклонение), медианы (Me) и нижней и верхней квартилей, минимального и максимального значений. Воспроизводимость у одного и двух исследователей оценивалась с использованием внутриклассового коэффициента корреляции и по методу Бланд – Альтмана.

СКРУЧИВАНИЕ И РАСКРУЧИВАНИЕ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, РОЖДЁННЫХ ДОНОШЕННЫМИ

Ротация на уровне базальных, верхушечных сегментов, папиллярных мышц и скручивание левого желудочка у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными

Типы скручивания левого желудочка у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными

Индивидуальный анализ ротации ЛЖ на уровне базальных, верхушечных сегментов и папиллярных мышц позволил нам классифицировать модели скручивающего движения ЛЖ и выявить четыре типа скручивания ЛЖ (рисунок 2). Показатели вращения ЛЖ в систолу в зависимости от типа скручивания ЛЖ приведены в таблице 4.

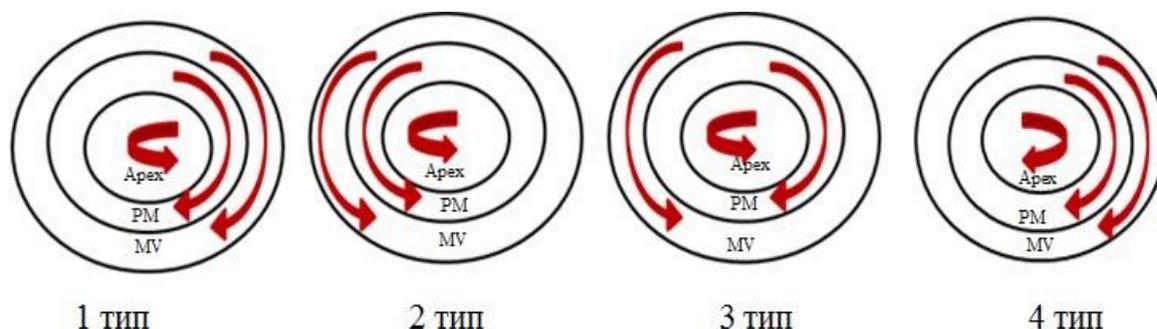


Рисунок 2 – Направление движения апикальных, базальных сегментов ЛЖ и сегментов на уровне ПМ при различных типах скручивания ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, в процессе постнатального роста и развития (проекция из апикальных сегментов)

Согласно рисунку 2 и данным, представленным в таблице 4, первый тип скручивания (названный нами «взрослый») встречался у 63 (58,33%) здоровых детей и подростков в возрасте от 1 месяца до 18 лет, рождённых доношенными. Для этого типа скручивания ЛЖ было характерно разнонаправленное вращение базальных и верхушечных сегментов, то есть ротация на уровне базальных сегментов была направлена по часовой стрелке, а ротация на уровне верхушки – против часовой стрелки.

Второй тип – однонаправленное вращение ЛЖ против часовой стрелки на уровне базальных сегментов, ПМ и верхушки (рисунок 2). Данный тип вращения ЛЖ мы назвали «детским», поскольку ранее этот вариант вращения ЛЖ был описан Notomi Y. с соавт. (2006). Этот тип скручивания ЛЖ был зарегистрирован у 20 (18,51%) из 108 детей и подростков, и, вероятно, обусловлен незрелостью ФК, фиброзных треугольников митрального клапана и фиброзной основы корня аорты [Спирина Г.А. с соавт., 2007; 2010].

Для третьего типа скручивания ЛЖ было характерно однонаправленное вращение против часовой стрелки базальных и верхушечных сегментов, а на уровне ПМ – по часовой стрелке (рисунок 2). Данный вариант скручивания ЛЖ был обнаружен у 15 (13,88%) здоровых детей.

Четвертый тип скручивания ЛЖ, выявленный в 10 (9,26%) случаях, характеризовался движением на уровне апикальных сегментов и ПМ по часовой стрелке (рисунок 2), а на уровне базальных сегментов у четырех детей по часовой, а у пяти – против. Этот вариант скручивания ЛЖ был выявлен только у одного из 9 детей в возрасте до 12 месяцев.

Не было обнаружено значимых различий в частоте встречаемости типов скручивания ЛЖ в зависимости от пола (таблица 5) и возраста (таблица 6).

Таблица 4 – Значения ротации на уровне базальных, верхушечных сегментов, папиллярных мышц и скручивание ЛЖ у здоровых детей и подростков в возрасте от одного месяца до 18 лет, рождённых доношенными

Показатели	Тип скручивания ЛЖ	M ± SD	Me	Минимальное – максимальное значение	Различий по Kruskal – Wallis ANOVA (H, p)
Rot _{MV} , °	1	-5,17 ± 2,69	-4,98	-12,89 – 0,52	H=50,731 p=0,00001
	2	5,03 ± 4,28	3,44	0,34 – 15,98	
	3	6,09 ± 3,85	5,33	1,03 – 13,92	
	4	-0,19 ± 5,07	0,24	-9,11 – 6,88	
Rot _{PM} , °	1	-3,02 ± 5,97	-3,030	-17,70 – 9,97	H=17,175 p=0,0007
	2	3,67 ± 2,87	2,41	0,34 – 10,83	
	3	-3,81 ± 2,75	-3,53	-9,97 – -0,52	
	4	-3,69 ± 2,63	-4,56	-6,53 – 2,06	
Rot _{Аpex} , °	1	8,45 ± 7,45	6,70	0,34 – 40,00	H=24,823 p=0,0000
	2	8,14 ± 4,70	7,39	1,72 – 21,00	
	3	5,520 ± 3,93	3,69	1,38 – 14,09	
	4	-4,92 ± 5,58	-2,84	-19,66 – -0,34	
Twist, °	1	13,62 ± 8,90	11,170	2,41 – 52,89	H=46,498 p=0,0000
	2	3,11 ± 5,72	1,890	-9,96 – 13,09	
	3	-0,57 ± 5,95	-0,860	-11,86 – 11,00	
	4	-4,73 ± 5,77	-5,220	-15,19 – 2,06	

Примечание. Здесь и в последующих таблицах: 1 – первый тип скручивания ЛЖ; 2 – второй тип скручивания ЛЖ; 3 – третий тип скручивания ЛЖ; 4 – четвертый тип скручивания ЛЖ

Таблица 5 – Распределение детей и подростков по полу в зависимости от типа скручивания ЛЖ

Пол	Тип 1 (n=63)	Тип 2 (n=20)	Тип 3 (n=15)	Тип 4 (n=10)
Мальчики (n = 61)	33 (54,10%)	13 (21,31%)	9 (14,75%)	6 (9,84%)
Девочки (n = 47)	30 (63,83%)	7 (14,89%)	6 (12,77%)	4 (8,51%)

Таблица 6 – Типы скручивания ЛЖ в зависимости от возраста у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными

Типы скручивания ЛЖ	До 3 лет (n=29)		От 3 до 5 лет (n=21)		От 6 до 11 лет (n=27)		Старше 11 лет (n=31)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
1	20	68,96	15	71,42	10	37,04	18	58,06
2	3	10,34	1	4,76	8	29,62	8	25,80
3	4	13,79	3	14,28	6	22,22	2	6,45
4	2	6,89	2	9,52	3	11,11	3	9,68

Ротация ЛЖ на уровне ПМ коррелировала с ростом ($r=0,37$; $p=0,0002$) и с весом ($r=0,34$; $p=0,0007$) ребенка. Отсутствие связи ротации ЛЖ на уровне базальных и верхушечных сегментов с возрастом, полученное в нашем исследовании, частично согласуется с данными публикации Notomi Y. et al., 2006].

Время до максимальной ротации ЛЖ на уровне базальных и верхушечных сегментов было связано с возрастом ($Rot_{MV}Time: r=0,48; p=0,00001; Rot_{Apx}Time: r=0,60; p=0,000001$), в то время как время до максимальной скорости ротации на вышеуказанных уровнях не коррелировало с возрастом. Скручивание ЛЖ не было взаимосвязано с возрастом.

Не выявлено зависимости ротации и скорости ротации ЛЖ на уровне базальных и верхушечных сегментов и ПМ с КДО, КСО и ФВ ЛЖ. У здоровых детей не было обнаружено взаимосвязи ротации и скорости апикальной ротации ЛЖ с индексом сферичности ЛЖ в период систолы и диастолы. Скручивание и скорость скручивания ЛЖ не зависели от геометрии полости ЛЖ в конце систолы и диастолы. Аналогичные данные были получены у взрослых практически здоровых лиц старше 20 лет [van Dalen B.M. et al., 2010]. Ротация и скорость ротации на уровне ПМ были связаны с E_m ($Rot_{PM}: r=0,33; p=0,002; RotR_{PM}: r=0,36; p=0,0009$) и конечным диастолическим давлением в ЛЖ ($Rot_{PM}: r=-0,42; p=0,0001; RotR_{PM}: r=-0,40; p=0,0003$), в то время как ротация на уровне базальных и верхушечных сегментов не была взаимосвязана с вышеуказанными показателями. Обнаружена связь ротации ЛЖ на уровне ПМ с ММЛЖ ($r=0,36; p=0,0002$). При этом отмечено отсутствие связей ММЛЖ с ротацией и скоростью ротации ЛЖ на уровне базальных и верхушечных сегментов.

Глобальная деформация в продольном направлении и по окружности и типы скручивания ЛЖ.

Значения глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении у всех включенных в исследование здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, были в пределах нормы (от -17,8% до -32,0%). Однако, несмотря на нормальные значения глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении (GLS_{AVG}), у 13 (12,04%) из 108 детей и подростков было обнаружено снижение деформации ЛЖ в продольном направлении, обусловленное снижением деформации в базальных сегментах с частичным захватом средних сегментов. У двоих из этих 13 детей и подростков было зарегистрировано снижение деформации в апикальных сегментах ЛЖ. В качестве доказательства сказанному выше на рисунке 3 приведены клинические примеры детей, имевших снижение деформации в базальных сегментах при нормальных значениях глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении. Следует отметить, что дети со снижением деформации отдельных сегментов клинически относились к группе здоровых детей (I-II группа здоровья), не имели изменений на ЭКГ в виде нарушений ритма сердца, изменения комплекса QRS. Согласно данным стандартной ЭхоКГ, у этих детей не было выявлено нарушений диастолической функции ЛЖ, индекс сферичности ЛЖ в диастолу и в систолу значимо не различался. Учитывая тот факт, что нарушение деформации ЛЖ в продольном направлении является ранним маркером субэндокардиальной дисфункции [Lang R.M. et al., 2015], пятерым из тринадцати детей была выполнена МРТ сердца (руководитель отделения рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии Томского НИМЦ, доктор медицинских наук, профессор

В.Ю. Усов), согласно результатам которой, наличия фиброза, признаков отека и воспаления в стенках ЛЖ выявлено не было. Всем детям с изменениями деформации ЛЖ в продольном направлении была рекомендована повторная ЭхоКГ, включая технологию «след пятна», наблюдение детского кардиолога и педиатра. Анализ зависимости сегментарного изменения деформации ЛЖ с типами скручивания ЛЖ не выявил взаимосвязи, поскольку при первом типе скручивания было зарегистрировано шесть (9,5%) из 63 детей, при втором – четверо (20,0%) детей из 20, два (13,0%) ребёнка – при третьем типе скручивания и один ребёнок из 10 детей – с четвертым типом скручивания (рисунок 3).

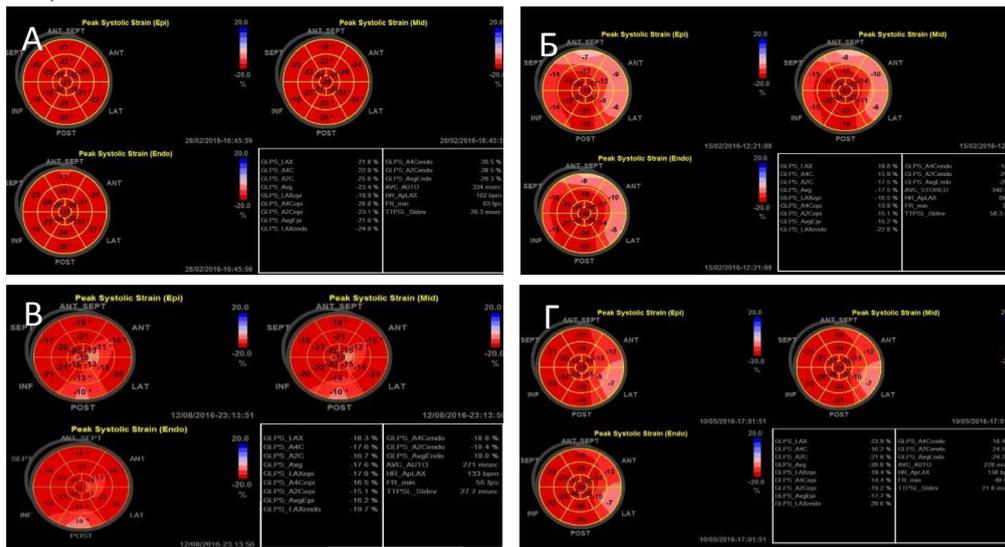


Рисунок 3 – Полярные карты значений деформации в каждом сегменте по схеме «бычий глаз» эндокардиального, среднего и эпикардиального слоёв, глобальной деформации ЛЖ на уровне 4 и 2 камер и по длинной оси ЛЖ и значение общей усредненной глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении.

Примечание. А – «схема бычий глаз» ребёнка Б., 2 года 9 месяцев, у которого нет снижения деформации (Strain) в каком-либо сегменте ЛЖ. Б – «схема бычий глаз» ребёнка К., 13 лет, со снижением деформации (Strain) от -6% до -10% базальных сегментах боковой, передней стенок и МЖПп. В – «схема бычий глаз» ребёнка Т., 1 год 1 месяц, со снижением деформации (Strain) до -10% в базальном сегменте задней стенки, до -14% и -12% в средних и до -15% апикальных сегментов боковой и передней стенки ЛЖ. Г – «схема бычий глаз» ребёнка С., 1 год 5 месяцев, со снижением деформации (Strain) до -7% в базальном сегменте боковой стенки ЛЖ, до -13% в базальном сегменте передней стенки ЛЖ

Глобальная деформация ЛЖ в продольном направлении эндокардиального, среднего и эпикардиального слоёв не различалась между типами скручивания ЛЖ (таблица 7).

Таким образом, ротация на уровне базальных, верхушечных сегментов и ПМ, скручивание ЛЖ не взаимосвязаны с глобальной деформацией ЛЖ в продольном направлении и по окружности у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, и не зависят от типа скручивания ЛЖ.

У 12,04% здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, выявлено сегментарное снижение деформации ЛЖ в продольном направлении. Анализ взаимосвязей ротации и скручивания ЛЖ с глобальной деформацией ЛЖ по окружности на уровне базальных, верхушечных сегментов и ПМ показал отсутствие взаимосвязей.

Таблица 7 – Глобальная деформация ЛЖ в продольном направлении эндокардиального, среднего и эпикардиального слоёв в зависимости от типов скручивания ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными

Показатели	Тип скручивания ЛЖ	M ± SD	Me	Минимальное – максимальное значение	Различия по Kruskal – Wallis (H, p)
GLS _{ENDO} , %	1	-26,24 ± 3,50	-26,52	-35,41 – -19,45	H=6,973 p=0,728
	2	-25,89 ± 4,60	-25,89	-34,42 – -19,69	
	3	-28,99 ± 4,13	-30,01	-34,98 – -20,69	
	4	-26,15 ± 5,41	-26,63	-35,13 – -18,66	
GLS _{MID} , %	1	-22,71 ± 2,86	-22,95	-29,63 – -18,99	H=7,924 p=0,476
	2	-22,37 ± 3,26	-21,16	-28,22 – -18,36	
	3	-25,00 ± 3,32	-25,47	-29,97 – -18,66	
	4	-22,69 ± 4,15	-23,47	-30,42 – -18,46	
GLS _{EPI} , %	1	-20,20 ± 2,56	-20,41	-26,26 – -18,31	H= 8,485 p =0,370
	2	-20,10 ± 2,41	-20,69	-24,52 – -18,14	
	3	-22,10 ± 3,10	-21,98	-28,20 – -17,88	
	4	-20,32 ± 2,37	-21,50	-24,00 – -17,44	

Следует отметить, что глобальная деформация по окружности на уровне базальных, верхушечных сегментов и ПМ значимо не различалась между типами скручивания ЛЖ (таблица 8).

Таблица 8 – Глобальная деформация по окружности на уровне базальных, верхушечных сегментов и ПМ в зависимости от типа скручивания ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными

Показатели	Тип скручивания ЛЖ	M ± SD	Me	Минимальное – максимальное значение	Различия по Kruskal – Wallis (H, p)
GCS _{MV} , %	1	-18,20 ± 4,23	-18,22	-27,75 – -13,13	H=1,942 p=0,5845
	2	-19,29 ± 3,43	-19,15	-24,64 – -13,80	
	3	-17,13 ± 4,40	-17,85	-22,34 – -12,38	
	4	-18,96 ± 4,10	-19,47	-23,23 – -12,63	
GCS _{PM} , %	1	-16,77 ± 3,73	-16,47	-27,28 – -12,19	H=3,575 p=0,3112
	2	-17,17 ± 3,37	-17,66	-21,80 – -12,16	
	3	-15,80 ± 4,40	-15,94	-24,13 – -12,00	
	4	-19,05 ± 3,14	-17,72	-24,50 – -12,83	
GCS _{Аpex} , %	1	-16,47 ± 7,83	-15,41	-45,00 – -12,38	H=2,489 p=0,4773
	2	-17,83 ± 5,10	-18,36	-27,22 – -12,16	
	3	-15,33 ± 1,60	-15,07	-27,50 – -12,47	
	4	-19,45 ± 5,90	-17,02	-27,94 – -12,79	

Ротация левого желудочка на уровне базальных, верхушечных сегментов и папиллярных мышц в первую треть систолы.

В первую треть систолы ротация ЛЖ на уровне базальных сегментов зарегистрирована у 60 (55,55%) из 108 здоровых детей и подростков. Как видно из таблицы 9, значительно чаще ротация ЛЖ в первую треть систолы на уровне

базальных сегментов обнаружена у детей и подростков с первым типом скручивания ЛЖ.

Таблица 9 – Частота регистрации ротации ЛЖ в первую треть систолы противоположно направленной к концу систолы на уровне базальных сегментов в зависимости от типа скручивания ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными

Типы скручивания ЛЖ	Ротация ЛЖ в первую треть систолы противоположно направленная к концу систолы на уровне базальных сегментов		Количество детей и подростков, %
	Есть	Нет	
1	47	16	63 (74,6%)
2	8	12	20 (40%)
3	4	11	15 (26,7%)
4	1	9	10 (10%)

Примечание. Анализ таблиц сопряженности: $\chi^2=24,69$; $df=3$; $p=0,000002$; $\Phi=0,48$; $CC=0,43$

Ротация ЛЖ на уровне верхушечных сегментов в первую треть систолы противоположно направленная к концу систолы была выявлена у 20 (18,52%) из 108 детей и подростков. Не обнаружено значимых различий в частоте регистрации апикальной ротации ЛЖ в первую треть систолы в зависимости от типа скручивания ЛЖ. В качестве доказательства вышесказанному на рисунке 4 приводятся кривые ротации ЛЖ, зарегистрированные в первую треть систолы на уровне базальных и апикальных сегментов.

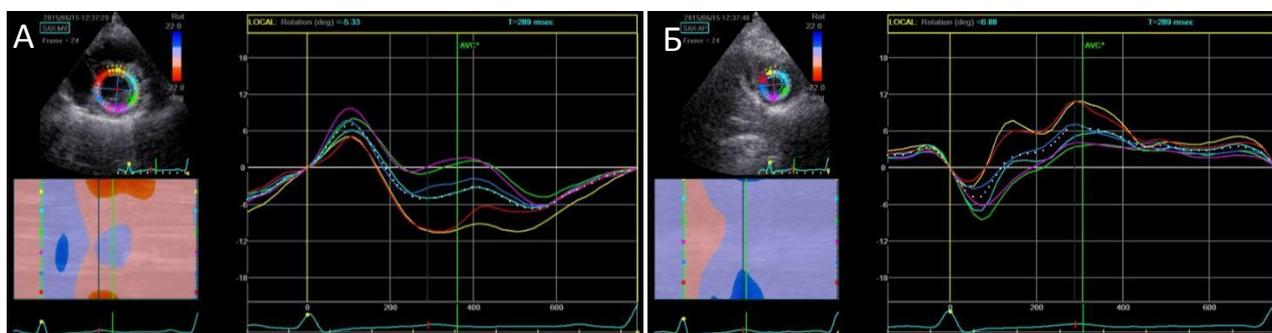


Рисунок 4 – Ротация ЛЖ в первую треть систолы противоположно направленная к концу систолы на уровне базальных (А) и апикальных (Б) сегментов у ребёнка Б., 4 лет

Ротация ЛЖ на уровне ПМ в первую треть систолы противоположно направленная к концу систолы была зарегистрирована у 10 (9,26%) здоровых детей и подростков. Не обнаружено значимых различий в частоте регистрации ротации ЛЖ на уровне ПМ в первую треть систолы в зависимости от типа скручивания ЛЖ.

В отличие от результатов Kim H.J. и соавт. (2015), нами впервые было обнаружено, что значительно чаще ротация ЛЖ в первую треть систолы на уровне апикальных сегментов и ПМ была зарегистрирована у детей, имевших ротацию ЛЖ в первую треть систолы на уровне базальных сегментов. При этом ротация ЛЖ в первую треть систолы противоположно направленная к концу систолы на уровне базальных, верхушечных сегментов и ПМ не была взаимосвязана с возрастом и не зависела от типа скручивания ЛЖ.

Скручивание ЛЖ в конце систолы было связано с ротацией ЛЖ на уровне базальных сегментов в первую треть систолы ($r=-0,37$; $p=0,002$), отсутствовала связь с ротацией ЛЖ в первую треть систолы на уровне апикальных сегментов.

Обнаружен феномен «отсутствия скручивания ЛЖ в первую треть систолы» у 14 (12,96%) детей до 4 лет. На рисунке 5 приведены кривые ротации ЛЖ в первую треть систолы на уровне базальных и верхушечных сегментов при отсутствии скручивания ЛЖ в первую треть систолы (А) и в случае, когда скручивание ЛЖ в первую треть систолы имело место (Б).

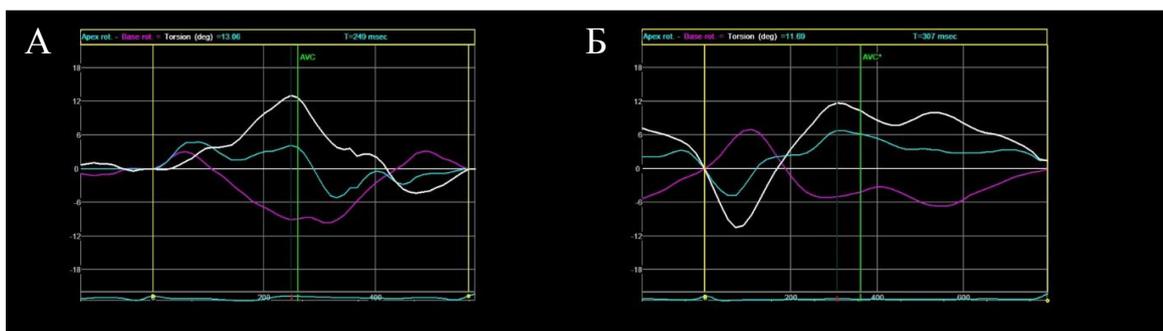


Рисунок 5 – Кривые ротации ЛЖ на уровне базальных и верхушечных сегментов в первую треть систолы при отсутствии скручивания ЛЖ в первую треть систолы (А) у ребёнка К., 5 лет, и при наличии скручивания ЛЖ в первую треть систолы (Б) у ребёнка С., 3 года

Наличие феномена «отсутствия скручивания ЛЖ» в первую треть систолы было выявлено у детей до 4 лет, отмечена связь с росто-весовыми показателями (таблица 10).

Выявлена связь феномена «отсутствия скручивания ЛЖ» в первую треть систолы со временем до максимального скручивания ЛЖ в конце систолы (рисунок 6-А) и со значениями глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении (рисунок 6-Б). Феномен «отсутствия скручивания ЛЖ в первую треть систолы» был выявлен у детей, у которых время до пиковой скорости скручивания ЛЖ к концу систолы составляло менее 85 мс. В то время как у детей, у которых скручивание ЛЖ в первую треть систолы имело место, время до пиковой скорости скручивания ЛЖ к концу систолы составляло более 100 мс. Кроме того, для феномена «отсутствия скручивания левого желудочка в первую треть систолы» значения глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении были значимо выше (-25% и выше в абсолютных значениях), по сравнению с детьми, имевшими скручивание ЛЖ в первую треть систолы (от -21% до -17%).

Таким образом, феномен «отсутствия скручивания ЛЖ в первую треть систолы» выявлен у 12,96% здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, в возрасте до 4 лет. Наличие данного феномена не зависит от типа скручивания ЛЖ в конце систолы, индекса сферичности в конце систолы и диастолы, диастолической функции ЛЖ и глобальной деформации по окружности.

Таблица 10 – Взаимосвязь росто-весовых показателей с наличием скручивания ЛЖ в первую треть систолы у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными

Показатели	Скручивание в первую треть систолы	Различия по Mann – Whitney U test (Z_{adj}, p)	$M \pm SD$	Me	Минимальное – максимальное значение
Возраст, лет	Есть Нет	$Z_{adj} = 2,27$ $p = 0,02$	$8,14 \pm 3,61$ $2,80 \pm 0,78$	7,00 2,40	3,80 – 13,30 2,30 – 3,70
Масса, кг	Есть Нет	$Z_{adj} = 2,05$ $p = 0,04$	$25,75 \pm 11,48$ $12,66 \pm 1,42$	20,60 12,00	14,00 – 43,00 11,70 – 14,30
Рост, см	Есть Нет	$Z_{adj} = 2,17$ $p = 0,02$	$123,28 \pm 21,18$ $89,00 \pm 5,29$	120,00 87,00	95,00 – 150,00 85,00 – 95,00
Площадь поверхности тела (ППТ), $см^2$	Есть Нет	$Z_{adj} = 2,17$ $p = 0,03$	$0,93 \pm 0,28$ $0,56 \pm 0,04$	0,83 0,54	0,610 – 1,340 0,53 – 0,61
Длинник ЛЖ в диастолу на ППТ, $см/м^2$	Есть Нет	$Z_{adj} = -2,27$ $p = 0,02$	$6,78 \pm 1,07$ $8,66 \pm 0,45$	6,71 8,51	5,00 – 8,03 8,30 – 9,18
Поперечник ЛЖ в диастолу на ППТ, $см/м^2$	Есть Нет	$Z_{adj} = -2,27$ $p = 0,02$	$3,67 \pm 0,76$ $5,34 \pm 0,20$	3,73 5,28	2,63 – 4,91 5,18 – 5,57

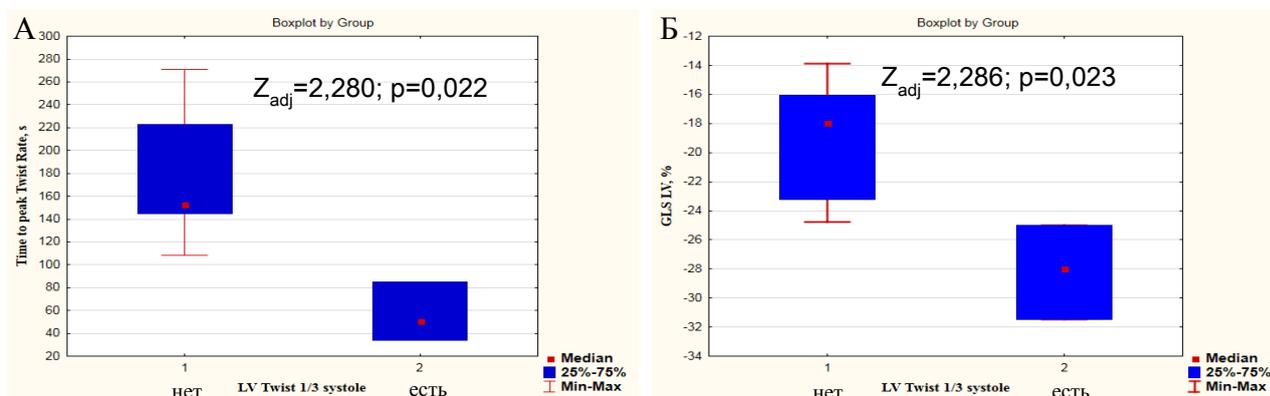


Рисунок 6 – Взаимосвязь феномена «отсутствия скручивания ЛЖ» в первую треть систолы со временем до максимального скручивания ЛЖ в конце систолы (А) и со значениями глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении (Б) у детей и подростков, рождённых доношенными

Ротация левого желудочка на уровне базальных, верхушечных сегментов, папиллярных мышц в период ранней диастолы и раскручивание левого желудочка у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными

Согласно четырем типам скручивания ЛЖ, описанным выше, мы предлагаем выделять и четыре типа раскручивания ЛЖ (рисунок 7), взяв за основу анализ направления движения ЛЖ на уровне базальных, апикальных сегментов и ПМ. В таблице 11 приведены значения показателей раскручивания и скорости раскручивания ЛЖ при четырех выделенных нами вариантах.

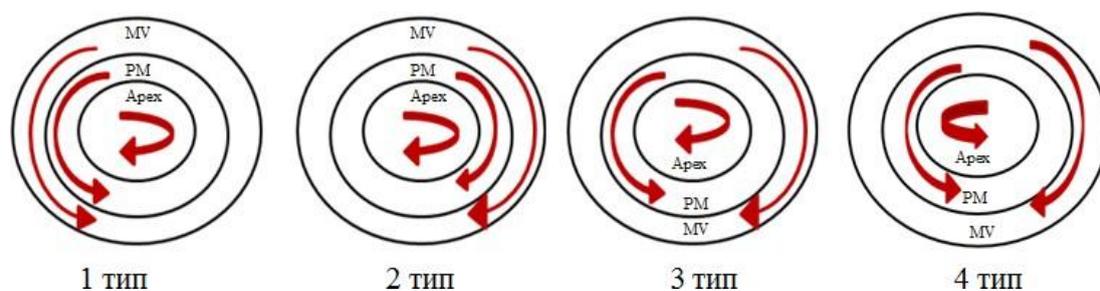


Рисунок 7 – Направление движения апикальных, базальных сегментов сердца и сегментов на уровне ПМ при различных вариантах раскручивания ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, в процессе роста и развития (проекция из апикальных сегментов)

Таблица 11 – Значения ротации левого желудочка в период ранней диастолы на уровне базальных и апикальных сегментов, папиллярных мышц, раскручивания у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными

Показатели	Тип скручивания ЛЖ	M ± SD	Me	Минимальное - максимальное значение	Различия по Kruskal – Wallis ANOVA (H, p)
RotR _{MV} E, °/с ⁻¹	1	49,37 ± 36,75	45,28	1,99 - 229,69	H=52,19 p=0,0001
	2	-62,08 ± 44,96	-43,75	-166,41 - 9,84	
	3	-82,83 ± 70,93	-55,11	-260,00 - 1,64	
	4	4,93 ± 58,24	-6,02	-142,97 - 59,00	
RotR _{PM} E, °/с ⁻¹	1	24,18 ± 62,65	28,44	-114,06 - 175,78	н.д.
	2	-46,56 ± 23,75	-37,41	-100,78 - -12,03	
	3	45,18 ± 31,49	32,27	10,00 - 111,72	
	4	37,87 ± 33,84	42,50	-31,72 - 76,19	
RotR _{Apex} E, °/с ⁻¹	1	-99,29 ± 54,85	-94,41	-255,50 - -22,97	H=25,53 p=0,00001
	2	-80,35 ± 55,13	-73,22	-217,97 - -8,97	
	3	-79,69 ± 55,29	-61,80	-249,84 - -19,69	
	4	52,17 ± 77,27	16,96	0,83 - 244,06	
Untwist, °/с ⁻¹	1	-148,66 ± 74,03	137,720	-445,32 - -39,22	H= 27,32 p=0,00001
	2	-18,26 ± 55,18	-14,220	-114,19 - 75,47	
	3	3,14 ± 77,94	-18,590	118,90 - 212,34	
	4	57,09 ± 71,35	40,480	-22,89 - 190,47	

Абсолютные величины (модули значений) раскручивания значительно не различались между вторым, третьим и четвертым типами скручивания ЛЖ. Раскручивание ЛЖ не коррелировало с возрастом независимо от типа скручивания ЛЖ. Отсутствовали связи раскручивания ЛЖ с весом ребенка на момент осмотра, площадью поверхности тела, показателями внутрисердечной гемодинамики и ММЛЖ. Только при третьем и четвертом типах скручивания ЛЖ Untwist коррелировал с величиной КСО (КСО/площадь тела: 3-й тип: $r=0,59$; $p=0,015$; 4-й тип: $r=0,74$; $p=0,013$). Индекс сферичности полости ЛЖ, оцененный в систолу и в диастолу, не был взаимосвязан со значениями раскручивания ЛЖ.

Таким образом, выделено четыре типа раскручивания ЛЖ у здоровых доношенных детей и подростков в возрасте от одного месяца до 18 лет, рождённых доношенными.

Гипотеза эволюционирования типов скручивания левого желудочка у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными.

Анализ данных литературы и собственные исследования позволяют нам предложить гипотезу об эволюционировании типов скручивания ЛЖ, существующих в различные промежутки времени, в процессе роста и развития здоровых детей и подростков. В основе данного эффекта лежат становление и развитие сложных этапов созревания ротационных механизмов и феномена систолического отжима ЛЖ, обусловленных ростом и дифференцировкой тканей сердца и сосудов, являющихся проявлением общебиологической закономерности становления контрактильности детского сердца в постнатальный период. Для подтверждения данной гипотезы в течение 5 лет повторно были осмотрены 27 здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, в возрасте от одного месяца до 18 лет.

Дизайн данного фрагмента исследования соответствует формату: проспективное, длительное (до трёх лет), пилотное исследование

Выявленные закономерности трансформации типов скручивания ЛЖ в процессе постнатального развития представлены на рисунке 8.

Нами установлено, что в процессе роста и развития детей и подростков меняется механика ЛЖ (рисунок 8). Третий тип скручивания ЛЖ может трансформироваться в первый и второй типы скручивания. Четвёртый тип скручивания ЛЖ может трансформироваться в третий и второй типы скручивания ЛЖ. Возможность иных вариантов трансформации типов скручивания ЛЖ (первого во второй, третий и т.д.) на сегодня остаётся неизвестной. С нашей точки зрения, это требует дальнейшего проспективного наблюдения. Однако выполнение проспективного наблюдения в полном объёме не являлось основной целью данной работы.

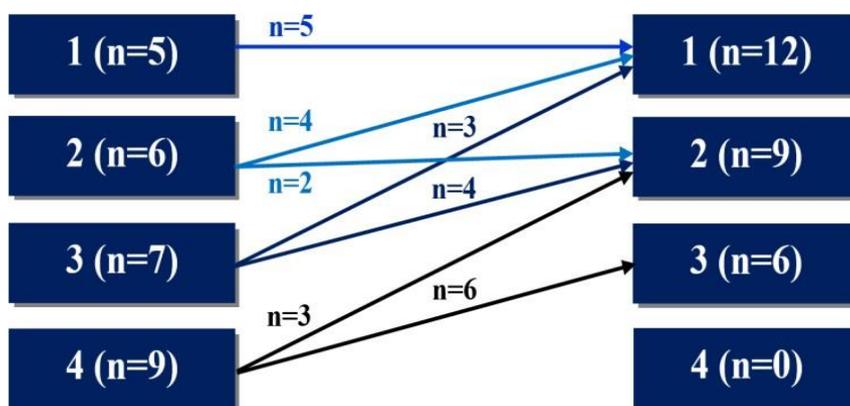


Рисунок 8 – Динамика типов скручивания левого желудочка через 3 года после первого исследования у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, в возрасте от одного месяца до 18 лет

ВЫВОДЫ

1. Выявлено четыре типа скручивания ЛЖ у здоровых детей и подростков в возрасте от 1 месяца до 18 лет, рождённых доношенными, в процессе постнатального роста и развития: 1-й тип «взрослый» (движение апикальных сегментов «против часовой стрелки», движение базальных сегментов и сегментов на уровне папиллярных мышц – «по часовой стрелке») встречается у 58,33% детей и подростков, 2-й тип (однонаправленное вращение ЛЖ «против часовой стрелки» на уровне всех сегментов) – в 18,51% случаев, 3-й тип (однонаправленное вращение на уровне базальных и верхушечных сегментов «против часовой стрелки», а на уровне папиллярных мышц – «по часовой стрелке») – в 13,88% случаев, 4-й тип (движение «по часовой стрелке» на уровне верхушечных сегментов и папиллярных мышц) – в 9,26% случаев.

2. Ротация ЛЖ на уровне базальных и верхушечных сегментов не связана с возрастом, объёмом в систолу и в диастолу, с индексом сферичности ЛЖ, полом у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, в процессе постнатального роста и развития. Ротация ЛЖ на уровне папиллярных мышц взаимосвязана с возрастом, весом, массой миокарда, давлением наполнения левого желудочка.

3. Ротация ЛЖ в первую треть систолы, противоположно направленная к концу систолы у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, на уровне базальных сегментов зарегистрирована у 74,6% детей и подростков при «взрослом» типе скручивания левого желудочка, у 40% детей и подростков при втором («детском») типе скручивания ЛЖ. Ротация на уровне апикальных сегментов в первую треть систолы, противоположно направленная к концу систолы, выявлена у 22,22 % здоровых детей и подростков, имеющих «взрослый» тип скручивания ЛЖ.

4. Феномен «отсутствия скручивания ЛЖ в первую треть систолы» выявлен у 12,96% здоровых детей, рождённых доношенными, в возрасте до 4 лет, скручивание ЛЖ в первую треть систолы выявлено у 87,04 % детей и подростков, рождённых доношенными. Наличие эффекта «скручивание ЛЖ» и феномена «отсутствия скручивания ЛЖ» в первую треть систолы не зависит от типа скручивания ЛЖ в конце систолы.

5. Глобальная деформация, скорость глобальной деформации ЛЖ в продольном направлении и по окружности не коррелируют с показателями ротации ЛЖ на уровне базальных, верхушечных сегментов, папиллярных мышц и со скручиванием ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, в процессе постнатального роста и развития.

6. Выделено четыре типа раскручивания ЛЖ у здоровых детей и подростков в возрасте от 1 месяца до 18 лет, рождённых доношенными. При первом типе скручивания ЛЖ значения раскручивания выше по сравнению с аналогичными параметрами при втором, третьем и четвертом типах скручивания ЛЖ. Раскручивание ЛЖ зависит от типа скручивания ЛЖ.

7. Раскручивание ЛЖ не коррелирует с возрастом, весом ребенка на момент осмотра, площадью поверхности тела, индексом сферичности полости ЛЖ, оцененным в систолу и в диастолу, ММЛЖ, конечным диастолическим

давлением в ЛЖ, скоростью движения фиброзного кольца митрального клапана в период раннего наполнения ЛЖ, показателем E/A_{mitr} . Период раннего наполнения ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, характеризуется отсутствием взаимосвязи скорости ротации ЛЖ на уровне базальных, верхушечных сегментов и папиллярных мышц, с конечным диастолическим давлением в ЛЖ, скоростью движения фиброзного кольца митрального клапана, показателем E/A_{mitr} .

8. Становление контрактильности ЛЖ у здоровых детей и подростков в возрасте от одного месяца до 18 лет, рождённых доношенными, сопровождается трансформацией торсионных механизмов ЛЖ (ротации в систолу при различных типах скручивания и раскручивания), изменением деформационных процессов (в продольном направлении и по окружности, включая скоростные и временные параметры) и эволюционированием типов скручивания и раскручивания ЛЖ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Показатели деформации (продольной, по окружности) ЛЖ могут использоваться в практической работе врачей педиатров, кардиологов, врачей функциональной диагностики для трактовки особенностей роста, развития и становления контрактильной функции ЛЖ у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными в возрасте от одного месяца до 18 лет. Показатели продольной деформации миокарда ЛЖ, полученные при использовании технологии 2D Strain, у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, в возрасте от одного месяца до 18 лет, в значениях от -18,0% (в абсолютных значениях) и выше в продольном направлении и от -12,0% (в абсолютных значениях) и выше по окружности, необходимо относить к вариантам возрастной нормы, и считать признакам нормального (физиологического) развития контрактильности ЛЖ.

2. В целях оценки индивидуальных темпов роста и развития сердечно-сосудистой системы, а также ранней диагностики миокардиальных нарушений различного генеза у здоровых детей и подростков, рождённых доношенными, имеющих «детский» или 4-й тип скручивающего движения ЛЖ (движение «по часовой стрелке» на уровне апикальных сегментов) и признаки снижения продольной деформации миокарда ЛЖ во временном промежутке наблюдения более трёх лет от момента проведения первого исследования, необходимо динамическое наблюдение с включением осмотров педиатра и кардиолога, выполнение ЭКГ, ЭХОКГ, в том числе, использование ультразвуковой технологии Speckle Tracking Imaging - 2D Strain.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК

1. **Унашева А. И.** Ротация и скручивание левого желудочка у здоровых детей и подростков, рожденных доношенными / Е. Н. Павлюкова, М. В. Колосова, **А. И. Унашева**, Р. С. Карпов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2017. – № 1. – С. 39–53. – 0,7 п.л.

2. **Унашева А. И.** Типы скручивания левого желудочка у здоровых детей и подростков / А. И. Унашева, Е. Н. Павлюкова, М. В. Колосова // Сибирский медицинский журнал (Томск) – 2017. – Т. 32, № 1. – С.14–19. – 0,25 п.л.

3. **Унашева А. И.** Механика левого желудочка в первую треть систолы у здоровых детей, рожденных доношенными / Е. Н. Павлюкова, М. В. Колосова, **А. И. Унашева**, Р. С. Карпов // Сибирский медицинский журнал (Томск) – 2018. – Т. 33, № 1. – С. 50–60. – 0,5 п.л.

4. **Унашева А. И.** Раскручивание левого желудочка у детей и подростков, рожденных доношенными / Е. Н. Павлюкова, М. В. Колосова, А. И. Унашева, Р. С. Карпов // Бюллетень сибирской медицины. – 2018. – Т. 17. – № 4. – С.110–121. – 0,55 п.л.

Статья, опубликованная в рецензируемом журнале

5. **Унашева А. И.** Улучшение диагностики контрактильности левого желудочка у здоровых доношенных детей в процессе онтогенеза / Е. Н. Павлюкова, М. В. Колосова, А. И. Унашева // Новые медицинские технологии в профилактике, диагностике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний. Методические рекомендации. – Томск, 2018. – С. 59–64. – 0,25 п.л.

Материалы конференций

6. **Unasheva A. I.** Left ventricular rotation mechanics in healthy children and teenagers born full-term / E. N. Pavlyukova, M. V. Kolosova, A. I. Unasheva // Abstracts of EUROCHO 2017 The Twenty-First Annual Meeting of the European Association of Echocardiography. Lisbon, 6-9 December 2017. – Lisbon, 2017 (18). – Supplement 3. – P. 1317. – 0,05 п.л.

7. **Унашева А. И.** Механика левого желудочка у здоровых детей, рожденных доношенными / Е. Н. Павлюкова, М. В. Колосова, **А. И. Унашева** [и др.] // ЭХО белых ночей-2018: сб. тез. II Международного Конгресса по эхокардиографии. Санкт-Петербург, 4-6 октября 2018 г. – СПб., 2018. – С. 45. – 0,05 п.л.

8. **Унашева А. И.** Особенности скручивания левого желудочка у здоровых детей и подростков, рожденных доношенными / Е. О. Алексеева, Р. С. Карпов, М. В. Колосова, А. Н. Криволуцкая, Г. В. Лежнина, Е. Н. Павлюкова, А. И. Унашева // Кардиология 2017: профессиональное образование, наука и инновации: сборник тезисов национального конгресса кардиологов. Санкт-Петербург, 24–27 октября 2017 г. – СПб., 2017. – С. 620. – 0,05 п.л.

9. **Унашева А. И.** Механика левого желудочка у детей, преждевременно рожденных на поздних сроках беременности / А. Н. Криволуцкая, А. И. Унашева // Фундаментальная и клиническая электрофизиология сердца. Актуальные вопросы аритмологии: сборник тезисов II Всерос. научно-практической конференции. Казань, 6-7 апреля 2018 г. – Казань, 2018. – С. 26–27. – 0,1 п.л.

Автор выражает глубокую благодарность академикам РАН Ростиславу Сергеевичу Карпову и Сергею Валентиновичу Попову за предоставленную возможность выполнения квалификационной работы на базе НИИ кардиологии Томского НИМЦ.

Автор выражает искреннюю признательность доктору технических наук, профессору кафедры прикладной математики Национального исследовательского Томского государственного университета Василию Васильевичу Поддубному за помощь в обработке статистического материала.

Автор выражает искреннюю признательность руководителю отделения рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии Томского НИМЦ доктору медицинских наук, профессору Владимиру Юрьевичу Усову за выполнение МРТ сердца и сосудов у детей и подростков, рожденных доношенными.

Список сокращений

ЗСЛЖ (PW)	– Задняя стенка левого желудочка
КДО	– Конечный диастолический объем
КСО	– Конечный систолический объем
ЛЖ	– Левый желудочек
МЖП (IVS)	– Межжелудочковая перегородка
МК	– Митральный клапан
ММЛЖ	– Масса миокарда левого желудочка
МРТ	– Магнитно-резонансная томография
ПМ	– Папиллярные мышцы
ППТ (S_{body})	– Площадь поверхности тела
ФВ	– Фракция выброса
ЧСС	– Частота сердечных сокращений
ЭКГ	– Электрокардиография
ЭхоКГ	– Эхокардиография
2D Strain	– Оценка деформации миокарда в двухмерном режиме
A_{mitr}	– Максимальная скорость трансмитрального потока в систолу предсердий
E_m	– Скорость движения фиброзного кольца митрального клапана на стороне боковой стенки левого желудочка в раннюю диастолу
E_{mitr}	– Максимальная скорость трансмитрального кровотока в раннюю диастолу
IVRT	– Время изоволюмического расслабления
Rot_{MV}	– Ротация на уровне митрального клапана
Rot_{PM}	– Ротация на уровне папиллярных мышц
Rot_{Apex}	– Ротация на уровне верхушки
$RotR_{MV}$	– Скорость ротации на уровне митрального клапана
$RotR_{PM}$	– Скорость ротации на уровне папиллярных мышц
$RotR_{Apex}$	– Скорость ротации на уровне верхушки
LV Twist	– Скручивание левого желудочка
LV Untwist	– Раскручивание левого желудочка