

НАО «Медицинский университет Астана»

УДК 616.126-073-089.197.6

На правах рукописи

**КАБДУЛЛИНА АЖАР МУСЛЮМКАНОВНА**

**Комбинация лучевых методов диагностики в оценке функциональной эффективности и прогнозировании исходов хирургической коррекции тетрады Фалло**

8D10102 – Медицина

Диссертация на соискание степени  
доктора философии PhD

Научный руководитель  
доктор медицинских наук,  
профессор  
Р.И. Рахимжанова  
Научный  
консультант  
доктор медицинских наук  
Т.Б. Даутов

Зарубежный консультант  
доктор медицинских наук,  
профессор,  
В.Е. Сеницын

Республика Казахстан  
Астана 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ</b> .....	3
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b> .....	4
<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b> .....	5
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	6
<b>1 ДИАГНОСТИКА ОСЛОЖНЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПОСЛЕ РАДИКАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ ТЕТРАДЫ ФАЛЛО, В СОВРЕМЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)</b> .....	11
1.1 Тетрада Фалло (общие сведения).....	11
1.2 Диагностика и предикторы осложнений, возникающих после радикальной коррекции тетрады Фалло, в ранние и отсроченные сроки.....	13
1.3 Современные методы исследования функции правого желудочка у детей после радикальной коррекции тетрады Фалло.....	15
1.4 Роль современных методов магнитно-резонансной томографии в диагностике осложнений, возникающих после радикальной коррекции тетрады Фалло.....	22
1.5 MRI Feature-tracking (МРТ стрэин) обзор нового неинвазивного метода визуализации сердца.....	26
<b>2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	30
2.1 Объекты исследования.....	30
2.2 Методы исследования.....	33
2.2.1 Компьютерная томография сердца с контрастированием.....	33
2.2.2 Магнитно-резонансная томография сердца и программа Strain.....	37
2.3 Методы статистической обработки результатов исследования.....	42
<b>3 РЕЗУЛЬТАТЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	43
3.1 Результаты компьютерной томографии сердца у пациентов с осложнениями после радикальной коррекции Тетрады Фалло.....	43
3.2 Результаты изучения функциональных особенностей, контрактильной и релаксационной способности миокарда обоих желудочков сердца у детей после радикальной коррекции ТФ с использованием МРТ и программы Strain по гендерным группам.....	47
3.3 Сравнительный анализ ассоциации функциональных данных, значения Strain с конечно-диастолическим объемом правого желудочка	53
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	57
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	62
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А – Свидетельства об авторском праве</b> .....	73
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Акт внедрения</b> .....	76
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В – Алгоритм диагностики пациентов после радикальной коррекции тетрады Фалло</b> .....	77
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Информированное согласие пациента для проведения исследования на компьютерном томографе</b> .....	78

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты: Приказ Министра образования и науки Республики Казахстан. О внесении изменений в приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 31 марта 2011 года, №127 «Об утверждении Правил присуждения степеней»: утв. 24 мая 2019 года, №230.

Государственный общеобязательный стандарт послевузовского образования: приложение 8 к приказу Министра образования и науки Республики Казахстан от 31 октября 2018 года, №604.

Хельсинкская декларация рекомендации для врачей, проводящих медикобиологические исследования с участием людей: принята в Хельсинки, 1964 г., пересмотрена Токио, 1975; Венеция, 1983 г., Гонконг, 1989 г.

РИ-МУА-48-20. Требования к содержанию и оформлению PhD докторской диссертации.

Клинический протокол диагностики и лечения тетрада Фалло у детей от «30» сентября 2015 года Протокол №10.

Рекомендации Европейского общества урогенитальной радиологии (ESUR Guidelines on Contrast Agents, v.10.0) и МР №42 «Особенности применения контрастных препаратов в лучевой диагностике» от 2018 года.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

**Легочная регургитация** – несостоятельность пульмонального клапана, при которой в диастолу возникает кровоток из легочной артерии в правый желудочек.

**Трикуспидальная регургитация** – представляет собой патологическое состояние, при котором трехстворчатый клапан, расположенный между правым предсердием и правым желудочком сердца, не закрывается полностью, позволяя крови течь обратно из желудочка в правое предсердие во время фазы сокращения сердца (систола).

**NT-proBNP (Мозговой натрийуретический пептид)** – маркер сердечной недостаточности и предиктор сердечно-сосудистой смерти.

**Неинвазивный (Noninvasive)** – термин используется для характеристики методов исследования или лечения, во время которых на кожу не оказывается никакого воздействия с помощью игл или различных хирургических инструментов.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АО	– Акционерное общество
АВ-Б	– АВ-блокада
БПНПГ	– блокада правой ножки пучка Гиса
ВПС	– врожденные пороки сердца
ВОПЖ	– выводной отдел правого желудочка
ДМЖП	– дефект межжелудочковой перегородки
ЗКЛА	– замена клапана легочной артерии
КСО	– конечно-систолический объем
КДО	– конечно-диастолический объем
ЛР	– легочная регургитация
ЛЛА	– левая легочная артерия
ЛА	– легочная артерия
ЛЖ	– левый желудочек
МОН	– Министерство образования и науки
МРТ	– магнитно-резонансная томография
МСКТ	– мультиспиральная спиральная компьютерная томография
ОШ	– отношение шансов
ПЖ	– правый желудочек
ПЛА	– правая легочная артерия
ТФ	– тетрада Фалло
ЭхоКГ	– эхокардиография
ЭКГ	– электрокардиография
GCS RV	– глобальная окружная деформация правого желудочка
GLS RV	– глобальная продольная деформация правого желудочка
NYHA	– Нью-Йоркская кардиологическая ассоциация
NT-proBNP	– N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (N-концевой фрагмент про-B-тип натрийуретического пептида)
SD	– стандартное отклонение

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность исследования.**

Тетрада Фалло (ТФ) представляет собой наиболее распространенный цианотический врожденный порок сердца, характеризующийся четырьмя основными признаками: дефект межжелудочковой перегородки (ДМЖП), обструкция выводного отдела правого желудочка (ВОПЖ), гипертрофия миокарда правого желудочка (ПЖ) и декстрапозиция аорты [1].

В Республике Казахстан (РК) ежегодно рождается около 3000 детей с пороками сердца, причем 80% из них нуждаются в хирургической коррекции. В настоящее время врожденные пороки сердца (ВПС) составляют более 30% всех врожденных пороков развития [2].

Средняя продолжительность жизни пациентов с ТФ составляет 12-13 лет и значительно зависит от степени стеноза легочной артерии. Смертность в течение первого года жизни составляет 25%, к 3 годам достигает 40%, к 10 годам – 70%, а к 40 годам – 95% [3].

Причины возникновения ВПС до конца не изучены, однако выделяются наследственные, экзогенные и мультифакториальные факторы. Генетические причины, включая хромосомные нарушения и мутации отдельных генов, составляют около 7–8%, тогда как мультифакториальные причины – до 90%. [2, с. 9-10].

В середине XX века лишь 20% детей с ВПС доживали до взрослого возраста. В настоящее время благодаря достижениям в детской кардиохирургии смертность существенно снизилась, и большинство пациентов с ТФ доживают до 60 лет [4, 5]. К сожалению, растущие дети, после радикальной коррекции, имеют ряд поздних последствий, например, развитие сердечной недостаточности, стеноз легочной артерии, инфекционный эндокардит, задержка роста и развития, необходимость повторных вмешательств и аритмии [6]. Хирургическое лечение ТФ направлено на устранение стеноза ВОПЖ и закрытие ДМЖП. При наличии выраженной гипоплазии кольца клапана ЛА требуется выполнение массивной инфундибулэктомии и трансаннулярной пластики, которая приводит к развитию выраженной легочной регургитации (ЛР) [7]. ЛР ведет к хронической объемной перегрузке ПЖ, приводящей к прогрессирующей дилатации и дисфункции ПЖ. Далее, как следствие, предсердные и желудочковые аритмии и синдром внезапной смерти. [8-13].

Эффективным методом лечения легочной недостаточности у пациентов после радикальной коррекции ТФ является своевременная замена клапана легочной артерии (ЗКЛА) с помощью биопротеза или кондуита, что приводит к ремоделированию и улучшению функции ПЖ сердца [14, 15]. Установленными показаниями к ЗКЛА являются аритмия, снижение работоспособности, ухудшение по функциональному классу пациента по NYHA, стеноз ЛА тяжелой степени и прогрессирующая трикуспидальная регургитация в сочетании с умеренной и тяжелой ЛР [16]. Однако оптимальное время для замены клапана у

бессимптомных пациентов точно не известно и является обсуждаемым вопросом [17-20].

Основным методом не инвазивной оценки функции ПЖ является эхокардиография (ЭхоКГ) в связи с ее практичностью, относительно низкой стоимостью и портативностью, а также возможностью использовать ее в динамике с целью оценки эффективности проводимой терапии [21, 22]. Однако этот метод имеет ряд ограничений в изучении правого желудочка, которые в первую очередь связаны со сложной конфигурацией полости, состоящей из входного и выходного отделов ПЖ, его за грудинной локализации, невозможности обзора полости ПЖ целиком вследствие его серповидной формы и расположения приносящего и выносящего трактов в разных плоскостях, трудности в очерчивании эндокардиальной поверхности ПЖ из-за неадекватной визуализации и выраженной трабекулярности, меньшей толщиной стенок по сравнению с ЛЖ, значительная зависимость ПЖ от пред- и постнагрузки, а также давления в левых отделах сердца [23, 24].

В настоящее время МРТ сердца является золотым стандартом визуализации и оценки объема и функции ПЖ у пациентов с корригированной ТФ [25-28]. Пороговые значения для конечного диастолического объема ПЖ (КДОПЖ) от 150 до 170 мл/м<sup>2</sup> были предложены в качестве показателя к ЗКЛА при бессимптомном течении пациентов [29] и это пока единственный предиктор к операции.

Важнейшую роль в оценке сложных анатомических находок у пациентов с ТФ до и после коррекции играет мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), обладающая высоким пространственно-временным разрешением. КТ сердца позволяет получить необходимую анатомическую информацию для принятия обоснованных решений в сложных случаях ВПС [30]. Кроме того, МСКТ не создаёт помех для кардиостимуляторов и дефибрилляторов, даже в старых моделях, несовместимых с МР-томографами.

Исходя из современной литературы, существуют неразрешенные аспекты в определении оптимального времени для интервенции по замене клапана легочной артерии у пациентов после радикальной коррекции ТФ, не проявляющих клинических симптомов. Дополнительно, нет исследований, посвященных оценке контрактильной и релаксационной функции миокарда (Strain) обоих желудочков сердца у детей после операции по коррекции ТФ, в качестве инструмента для прогнозирования необходимости замены клапана легочной артерии, основанного на МРТ. Современные исследования акцентируют внимание на долгосрочном медицинском наблюдении и ранней диагностике осложнений после радикальной коррекции ТФ. С учетом этих факторов, наша цель состоит в проведении анализа с использованием МСКТ для выявления осложнений у пациентов детского возраста после радикальной коррекции ТФ и планируется также оценить вклад параметров деформации миокарда (Strain) в принятие решения о необходимости ЗКЛА.

### **Цель исследования.**

Оценка функциональной эффективности и прогнозирование исходов хирургической коррекции тетрады Фалло методами компьютерной и магнитно-резонансной томографии.

### **Объект исследования.**

В АО «Национальный научный кардиохирургический центр» в отделении радиологии в период с октября 2011г. по декабрь 2020г. были обследованы и проанализированы истории болезни 613 пациентов (детей от 7 дней до 18 лет) с клиническим диагнозом Тетрады Фалло. Среди них проведен анализ историй болезни пациентов с осложнениями после радикальной коррекции ТФ и в зависимости от метода лучевой диагностики: при МСКТ изучены данные 116 пациентов (средний возраст  $2,2 \pm 3,54$  года), из них 69 (80%) мальчиков и 47 (20%) девочек; при МРТ изучены данные 69 пациентов (средний возраст  $11 \pm 4,69$  года), из них 24 (35%) них девочек и 45 (65%) мальчиков.

При МРТ пороговые значения конечно-диастолического объема правого желудочка (КДО ПЖ) от  $150 \text{ мл/м}^2$  были в качестве показания к ЗКЛА, в связи с чем когорта была разделена на две группы в зависимости от КДО ПЖ:

- первая группа: пациенты с КДО было менее  $150 \text{ мл/м}^2$ ;
- вторя группа пациенты с КДО  $150 \text{ мл/м}^2$  и более.

### **Предмет исследования.**

Исследование диагностической ценности лучевых методов у пациентов после радикальной коррекции Тетрады Фалло.

### **Задачи исследования:**

1. Определить частоту различных видов послеоперационных осложнений, возникающих после радикальной коррекции ТФ с помощью МСКТ.
2. Оценить влияние клинических характеристик и сопутствующих факторов на вероятность развития наиболее частых послеоперационных осложнений у детей после хирургического вмешательства, выявленных при помощи МСКТ.
3. Изучить гендерные функциональные особенности, показатели контрактильной и релаксационной способности миокарда обоих желудочков сердца у детей после радикальной коррекции ТФ, с использованием программы МРТ «Strain».
4. Выявить пороговые значения дополнительных параметров по программе МРТ «Strain», которые будут служить в качестве показаний к выполнению ЗКЛА.

### **Методы исследования:**

- эхокардиография;
- МСКТ сердца;
- МРТ сердца (+ программа «Strain»);
- статистические методы;
- уровень NTproBNP (N-terminal pro-B-type natriuretic peptide).

### **Научная новизна.**

1. Впервые в РК изучены сравнительные данные об особенностях часто встречающихся осложнений, возникающих после радикальной коррекции ТФ с помощью МСКТ (свидетельство на авторское право «Роль компьютерной томографии в диагностике осложнений, возникающих после радикальной коррекции тетрады Фалло» №47707 от 20.06.2024 г. НИИС РК, Приложение А).

2. Впервые проведено исследование по программе «МРТ Strain» обоих желудочков сердца у детей после радикальной коррекции ТФ и получены сравнительные данные о гендерных функциональных особенностях, контрактильной и релаксационной способности миокарда обоих желудочков сердца у детей.

3. Выявлена корреляционная связь между деформацией обоих желудочков, основными показателями (фракция выброса ПЖ, КСО ПЖ, NTproBNP, градиент давления между правым желудочком и легочной артерией) с КДО ПЖ (свидетельство на авторское право «Роль магнитно-резонансной томографии в диагностике осложнений, возникающих после радикальной коррекции тетрады Фалло» №47818 от 24.06.2024 г. НИИС РК, Приложение А).

4. Выявлена высокая эффективность использования программы МРТ «Strain» в диагностике контрактильной и релаксационной способности миокарда обоих желудочков - дополнительного предиктора к выполнению ЗКЛА (свидетельство на авторское право «Роль МРТ Strain в диагностике осложнений, возникающих после радикальной коррекции тетрады Фалло» №47756 от 21.06.2024 г. НИИС РК, Приложение А).

### **Практическая значимость:**

1. Результаты исследования и разработанный алгоритм диагностики пациентов после радикальной коррекции Тетрады Фалло внедрены в практическое здравоохранение (акт внедрения АО «Национальный научный кардиохирургический центр» г. Астана, 2019, Приложение Б, В).

2. МСКТ позволила оценить вероятность развития стенозов легочных артерий после радикальной коррекции ТФ: относительный риск (ОШ) развития стеноза ПЛА у пациентов со стенозом ЛЛА в 6,5 раза выше (550%), по сравнению с пациентами, у которых стеноз ЛЛА не выявлен ( $p < 0,001$ ).

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Наиболее частыми осложнениями у пациентов детского возраста после радикальной коррекции ТФ, выявляемые с помощью МСКТ, были стеноз легочной артерии и ее ветвей.

2. Установлено, что наличие стеноза правой лёгочной артерии повышает вероятность развития стеноза левой лёгочной артерии.

3. Установлены значительные гендерные различия в показателях деформационных характеристик левого желудочка у детей, по данным МРТ «Strain», таких как окружная деформация в базальном нижнем сегменте (-13,6 у девочек и -8,2 у мальчиков,  $p < 0,001$ ) и продольная деформация в среднем переднелатеральном сегменте левого желудочка (-21,4 у девочек и -14,3 у мальчиков,  $p < 0,001$ ) - были более выражены у девочек.

4. Выявленные статистически значимые различия между окружной деформацией в базальном передне-перегородочном и базально-нижнем сегментах левого желудочка в сравниваемых группах, по данным по данным МРТ «Strain», коррелируют с КДО ПЖ и могут быть использованы в качестве дополнительного показателя этого предиктора к операции. Также установлено, что КСО ПЖ прямо пропорционален КДО ПЖ.

**Публикации по теме диссертации:**

По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, из них - 3 статьи в периодических изданиях Казахстана, рекомендуемых Комитетом по надзору и аттестации в сфере образования и науки МОН РК; 1 статьи в издании, индексированных в информационной базе Scopus: Digital Diagnostics; 4 публикаций в материалах международных научно-практических конференций (Казахстана, Узбекистана, России, Кореи). Имеется 3 авторских свидетельства от 21.06.2024 №47756; от 20.06.2024 № 47707; от 24.06.2024 № 47818 (Приложение А) и 1 акта внедрения в практическое здравоохранение в АО «Национальный Научный Кардиохирургический Центр» (Приложение Б).

**Вклад автора в проведение исследования:**

Во время исследования автор принимала участие в проведении МСКТ и МРТ исследований, выполнении анализа изображений пациентов, подсчета и обработке данных по программе «Strain», определении направления диссертационной работы, формировании ее методологической структуры, формулировке цели и задач, сборе материалов исследования, самостоятельно провела статистический анализ и обобщение полученных результатов, анализ литературных данных по теме диссертационной работы. Автором подготовлены и опубликованы результаты исследований в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, в сборниках международных научно-практических конференций и зарубежных изданиях.

**Структура диссертации.** Объем диссертации составляет 82 страницы, включает: нормативные ссылки, определения, обозначения и сокращения, введение, 3 раздела, 22 рисунка, 12 таблиц, заключение, список использованных источников, 4 приложения.

# 1 ДИАГНОСТИКА ОСЛОЖНЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПОСЛЕ РАДИКАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ ТЕТРАДЫ ФАЛЛО, В СОВРЕМЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## 1.1 Тетрада Фалло (общие сведения)

Тетрада Фалло (ТФ) является наиболее распространенным цианотическим (синим) ВПС и составляет около 7-10% [31-34]. Согласно Балтимор-Вашингтонскому исследованию младенцев, ТФ составляет 6,7% всех живых детей, рожденных с ВПС. Без хирургического вмешательства большинство пациентов умирают в детстве с выживаемостью 66% в возрасте 1 года, 40% в возрасте 3 лет, 11% в 20 лет и 3% в 40 лет [35]. Благодаря прогрессивному развитию детской кардиохирургии и детской кардиологии, популяция взрослых с ТФ неуклонно растет, более 90% детей с ВПС в настоящее время доживают до взрослого возраста [36]. Порок обусловлен нарушениями эмбриогенеза, в результате чего формируется ряд дефектов, который включает в себя дефект межжелудочковой перегородки (ДМЖП), стеноз ЛА, дэкстрапозицию аорты и гипертрофию миокарда ПЖ [34, р. 315-327]. Впервые сочетание дефекта межжелудочковой перегородки (ДМЖП) со стенозом ЛА, обнаруженное при вскрытии трупа ребенка, описал в 1671 г. Stensen. В дальнейшем этот порок развития сердца наблюдали при аутопсиях G.V. Morgagni, 1762, W. Hanter, 1783-1784, Farre, 1814, Gintrae, Норе, 1830, Peacock, 1866, другие патологи и хирурги. W. Hanter «смотрел на ненормальное отверстие между обоими желудочками как на устройство, помогающее оттоку крови из правого желудочка, затрудненного сужением легочной артерии», – писал в своей диссертации в 1869 г. известный петербургский врач Карл Андреевич Раухфус. Однако, первое полное описание ТФ предоставил Etienne Fallot и опубликовал свои наблюдения в 1888 г. Maude Abbott в 1924 дал название этому врожденному пороку сердца Тетрада Фалло [37, 38]. ТФ был первым цианотическим врожденным пороком сердца, подвергшимся оперативной коррекции, в 1945 году Альфредом Блалок в Университете Джона Хопкинса [39]. Согласно последним эпидемиологическим исследованиям, частота ТФ составляет около 3,9 на 10 000 живорождений. В разных популяциях этот показатель может варьироваться. В обзоре, проведенном M. van der Linde и коллегами в 2011 году, было установлено, что ТФ составляет около 10% всех случаев врожденных пороков сердца, что подтверждает её значимость в клинической практике [40]. По данным исследований Liu и коллег (2019), распространенность ТФ составляет около 0,34 на 1000 живорождений, что делает этот порок одним из наиболее частых среди цианотических ВПС. В своей работе авторы также отмечают значительные географические вариации в распространенности ТФ, что может быть связано с различиями в диагностических и регистрационных практиках [41].

Этиология является многофакторной, но зарегистрированные данные включают нелеченый диабет у матери, фенилкетонурия и прием ретиноевой кислоты. Сопутствующие хромосомные аномалии могут включать трисомии 21, 18 и 13, но недавний опыт указывает на гораздо более частую связь

микроделеции 22 хромосомы. Риск рецидива в семьях составляет 3% [42]. Исследования, проведенные Blue и коллегами (2017), подчеркивают значительную роль генетических факторов в развитии ТФ. В частности, мутации в генах JAG1 и NOTCH1 были выявлены у значительного числа пациентов. Авторы предполагают, что дальнейшие генетические исследования помогут лучше понять патогенез этого порока и разработать более эффективные методы его лечения [43]. В статье Jenkins и кол. (2020) отмечается, что примерно у 15-20% пациентов с ТФ обнаруживаются генетические аномалии, включая микроделеции в 22q11.2, известные как синдром Ди Джорджи [44]. В недавнем исследовании [45] рассматривается роль экзомного секвенирования для выявления новых генетических мутаций, связанных с этим пороком. Авторы подчеркивают потенциал использования геномных данных для разработки персонализированных лечебных подходов, что может привести к улучшению исходов и снижению риска осложнений.

Первыми признаками порока, на которые еще в XVIII в. обратил внимание E. Sandifort, являются одышка, синюшность губ и кончиков пальцев при кормлении и крике ребенка. По данным В.И. Бураковского и С.А. Колесникова (1967), примерно у 70-80% детей кожа синее к концу первого – началу второго года, когда возрастает физическая активность ребенка и происходит полная облитерация открытого артериального протока (ОАП).

Современные подходы к лечению ТФ включают пренатальную диагностику, что позволяет планировать оптимальные сроки и методы вмешательства. В обзоре Coats и кол. (2016) подчеркивается важность ранней диагностики и интервенции для улучшения долгосрочных результатов. Современные хирургические методы включают радикальную коррекцию, которая проводится обычно в первые месяцы жизни ребенка. Эта коррекция включает устранение стеноза ЛА и закрытие ДМЖП.

Пренатальные вмешательства для ТФ начали набирать популярность как способ улучшения исходов для пациентов. В исследовании Moon-Grady и коллег (2020) описаны случаи успешного использования фетальных интервенционных процедур для улучшения притока крови к легким у плодов с тяжелой формой ТФ. Эти процедуры включают баллонную валвулопластику легочной артерии, которая помогает улучшить гемодинамику и уменьшить гипоксию после рождения [46].

В исследовании Nickey и другие [47] изучены долгосрочные результаты после хирургической коррекции ТФ. Авторы отмечают, что выживаемость пациентов значительно улучшилась благодаря современным методам лечения, с показателями выживаемости около 98% через 10 лет после операции. Тем не менее, у некоторых пациентов могут сохраняться или развиваться осложнения, такие как аритмии и дисфункция правого желудочка.

Исследования психосоциальных аспектов жизни пациентов с ТФ также активно развиваются. В работе зарубежных коллег анализируются проблемы, с которыми сталкиваются пациенты и их семьи, включая психологическое давление, необходимость в постоянной медицинской помощи и адаптацию к

хроническому заболеванию. Авторы подчеркивают важность мультидисциплинарного подхода к лечению, включающего психологическую поддержку и консультирование [48].

Современные технологии визуализации, такие как магнитно-резонансная томография (МРТ) и трёхмерная эхокардиография, играют важную роль в диагностике и мониторинге состояния пациентов с ТФ. В исследовании Valente и коллеги [49] подчеркивается важность регулярного мониторинга для раннего выявления и коррекции потенциальных осложнений, что способствует улучшению прогноза и качества жизни пациентов.

Исследования в области ТФ продолжают развиваться, предоставляя новые данные о генетических причинах, методах диагностики и лечения этого сложного врожденного порока сердца. Современные технологии и инновационные подходы значительно улучшили прогноз и качество жизни пациентов с ТФ.

## **1.2 Диагностика и предикторы осложнений, возникающих после радикальной коррекции тетрады Фалло, в ранние и отсроченные сроки**

Хирургическое лечение ТФ направлено на закрытие дефекта межжелудочковой перегородки и устранение обструкции пути оттока из правого желудочка. При наличии выраженной гипоплазии кольца клапана легочной артерии требуется выполнение массивной инфундибулэктомии и трансаннулярной пластики, которая приводит к развитию выраженной легочной регургитации [7, с. 6-16]. Последняя ведет к хронической объемной перегрузке правого желудочка, приводящей к прогрессирующей дилатации и дисфункции правого желудочка [50]. Со временем у пациентов снижается толерантность к физической нагрузке, развиваются предсердные и желудочковые аритмии, а также появляется высокий риск внезапной сердечной смерти в течение 3-4 десятков жизни [51]. Устойчивые или гемодинамически значимые аритмии встречаются у 12% пациентов после радикальной коррекции ТФ, как правило, в течение первых 24 часов. Предсердная аритмия, желудочковая аритмия, блокада правой ножки пучка Гиса (БПНПГ), эктопическая тахикардия (ЭТ) и полная АВ-блокада (АВ-Б) являются распространенными аритмиями, возникающими в послеоперационном периоде [39, р. 88-95].

Факторы риска развития послеоперационных аритмий включают маленький возраст, маленькую массу тела, длительное время сердечно-легочного шунтирования, длительное время пережатия аорты, глубокую гипотермию и остановку сердца. Блокада правой ножки пучка Гиса встречается в 100% случаях после радикальной коррекции ТФ. БПНПГ - это нарушение внутрижелудочковой проводимости, которое возникает, когда передача электрического импульса через систему Гиса-Пуркинью прерывается или задерживается. Есть 3 потенциальных места для БПНПГ после хирургической коррекции. БПНПГ может возникать в результате вентрикулотомии, которая приводит к нарушениям дистальной проводимости правого желудочка, вследствие резекции ПЖ-мышц, приводящей к замедлению проводимости в

месте прохождения пучка. Кроме того, размещение заплатки дефекта межжелудочковой перегородки (ДМЖП) вызывает нарушение проводимости дистального отдела правой ветви пучка. В целом, БПНПГ протекает бессимптомно и не требует вмешательства. Ресинхронизирующая терапия рекомендуется позже в условиях низкой фракции выброса левого желудочка и застойной сердечной недостаточности (ЗСН) [52-54].

В многоцентровом когортном исследовании зарубежных коллег есть результаты, которые показали, что у пациентов после радикальной коррекции ТФ удлинение комплекса QRS  $\geq 180$  мс является предиктором поздней внезапной смерти [55]. Эти результаты дополнительно подчеркивают участие нарушений деполяризации в аритмогенезе у оперированных пациентов с ТФ [56]. Также несколько одноцентровых исследований показали, что дилатация ПЖ и дисфункция ПЖ и/или ЛЖ по данным МРТ являются важными факторами риска неблагоприятных клинических исходов, заменяя важность пролонгированного QRS как предиктора внезапной смерти [57, 58].

Сердечная недостаточность является наиболее распространенной причиной смерти выживших с ВПС [59]. Сердечная недостаточность чаще всего является правожелудочковой (ПЖ) недостаточностью и во многих случаях связана с хронической легочная регургитация [60]. Принципиальное значение для диагностики и терапии хронической сердечной недостаточности имеют такие факторы как: оставшийся сброс на уровне межжелудочковой перегородки систолического давления в ВОПЖ и/или клапане ЛА, недостаточность трикуспидального клапана, нарушение сократительной функции миокарда, нарушения ритма и проводимости. В настоящее время доказано, что правожелудочковая недостаточность опосредованно влияет на функцию левого желудочка и риск возникновения внезапной сердечной смерти. Большое проспективное многоцентровое исследование, в котором у 873 пациентов выполнялось МРТ-исследование сердца для оценки функции правого желудочка, показало, что дисфункция правого желудочка является предиктором внезапной сердечной смерти, устойчивой желудочковой тахикардии в сочетании с дисфункцией левого желудочка, мерцательной аритмии и гипертрофии правого желудочка [49, p. 247-252].

Исследования дальнего и ближнего зарубежья оценили ранние послеоперационные показатели гемодинамики при различных пластиках выходного отдела правого желудочка после радикальной коррекции ТФ. Выводами были, что после реконструкции ТФ функция ПЖ зависит от вида реконструкции выводного отдела правого желудочка (ВОПЖ). Исследование показало, что глобальная функция ПЖ снижена в группе пациентов с трансаннулярной пластикой. Нарушения функции ПЖ в отдаленном периоде в группе трансаннулярной пластики связаны с наличием более выраженной легочной регургитации и наличием выключенного участка ПЖ в области ВОПЖ [61]. В настоящее время варианты лечения недостаточности ПЖ отсутствуют [62, 63].

Начиная с раннего второго десятилетия жизни, МРТ проводится в качестве рутинного исследования для оценки функции и объема правого желудочка, бивентрикулярных размеров и функции, дисфункции других клапанов и оценки жизнеспособности миокарда [16, p. 2155-2165; 28, p. 51-5-51-25]. МРТ сердца стал мощным инструментом для стратификации рисков у пациентов после радикальной коррекции ТФ [49, p. 247-252; 64].

В исследовательской работе зарубежных авторов [3, p. 975-980] 793 пациентов из 6 центров обнаружили, что операция по коррекции ТФ в более старшем возрасте и длительность QRS 180 мс были предикторами синдрома внезапной сердечной смерти (ВСС). Легочная регургитация была преобладающим гемодинамическим нарушением.

Также была научная работа с использованием МРТ сердца для измерения размеров и функции обоих желудочков, исследователи обнаружили, что тяжелая дилатация или дисфункция желудочков были независимыми предикторами развития хронической сердечной недостаточности, устойчивой желудочковой тахикардии и ВСС [58, p. 211-215].

Важнейшую роль в оценке сложных анатомических находок у пациентов с ТФ до и после коррекции играет мультиспиральная компьютерная томография, обладающая высоким пространственно-временным разрешением [30, p. 17-1-17-12; 65-67]. КТ сердца позволяет получить необходимую функциональную и анатомическую информацию для принятия обоснованных решений в сложных случаях врождённых пороков сердца. Для интерпретации изображений необходимы знания об общих подходах к оперативному лечению и остаточных гемодинамических нарушениях [68]. На сегодняшний день технический прогресс позволяет получать высококачественные снимки и заметно снижать дозу облучения при КТ сердца. При определённых показаниях технология может дать более полную информацию с меньшим риском по сравнению с другими сокращений диагностическими методами, что может оказаться полезным при оценке ТФ [69].

КТ и МРТ сердца относятся к малоинвазивным методам оценки внесердечных послеоперационных сосудистых осложнений, однако КТ сердца превосходит по своим возможностям МРТ в аспектах распознавания внутрисердечных анатомических элементов, оценки анатомии мелких сосудов (включая лёгочные вены, дистальные ветви лёгочной артерии и аортопульмональные коллатерали), выявления функциональных и структурных аномалий или осложнений после хирургических вмешательств у пациентов с врождённым пороком сердца [70].

### **1.3 Современные методы исследования функции правого желудочка у детей после радикальной коррекции тетрады Фалло**

ЛЖ является наиболее исследованным отделом сердца. На этом фоне другие камеры, в том числе ПЖ, изучены значительно слабее, хотя интерес к ПЖ нарастает в течение последних двух десятилетий. ПЖ часто называют «забытым» или даже «бедным родственником» ЛЖ [71, 72]. В то же время ПЖ

имеет свои особенности. Это отдельное эмбриологическое развитие, более тонкие стенки и большая податливость по сравнению с ЛЖ, неправильные треугольные очертания, более грубые трабекулы, модераторный пучок. Трикуспидальный и легочный клапаны не имеют общего фиброзного кольца. ПЖ имеет три анатомические области: приносящий тракт (синус), верхушку и выносящий тракт (конус), ПЖ сокращается перистальтической волной от синуса к конусу. ПЖ выполняет до 25% от работы ЛЖ, переносит нагрузку объемом лучше, чем нагрузку давлением. ПЖ имеет более низкую ФВ. Межжелудочковая перегородка имеет четко выраженные право- и левожелудочковую стороны (слои). В отличие от ЛЖ кровоснабжение миокарда ПЖ осуществляется в большей части из бассейна правой коронарной артерии, он менее подвержен ишемии, чем левый. Исследование сократительной способности правого желудочка связано с большими ограничениями, которые обусловлены трудностями его полной визуализации [73]. Изменение строения ПЖ чаще всего является следствием его длительной перегрузки давлением и/или объемом [72, с. 33-35]. Необходимо помнить, что ПЖ является тонкостенным генератором потока, в большей степени способным приспособливаться к значимым изменениям венозного возврата, нежели к резкому увеличению давления в ЛА [74]. Считается, что при нормальном сопряжении между ПЖ и ЛА сократимость ПЖ и постнагрузка, выражаемая величиной легочно-сосудистого сопротивления (ЛСС), согласованы друг с другом [75]. При ТФ, если имеется выраженная гипоплазия кольца клапана легочной артерии, требуется выполнение массивной инфундибулэктомии и трансаннулярной пластики, которая приводит к развитию выраженной легочной регургитации. Последняя ведет к хронической объемной перегрузке правого желудочка, приводящей к прогрессирующей дилатации и дисфункции ПЖ [7, с. 6-16; 8, р. e6-e11; 9, р. 1520-1525; 10, р. 1378-1381; 11, р. 244-247; 12, р. 250-254].

Структурно функциональные и геометрические изменения правых отделов сердца могут определять тяжесть левожелудочковой недостаточности. В настоящее время доказано, что правожелудочковая недостаточность опосредованно влияет на функцию ЛЖ и риск возникновения внезапной сердечной смерти. Большое проспективное многоцентровое исследование, в котором у 873 пациентов выполнялось МРТ-исследование сердца для оценки функции ПЖ, показало, что дисфункция ПЖ является предиктором внезапной сердечной смерти, устойчивой желудочковой тахикардии в сочетании с дисфункцией ЛЖ, мерцательной аритмии и гипертрофии ПЖ [76]. В связи с этим оперативное лечение должно проводиться до развития дисфункции ПЖ. Также на стадии декомпенсации ПЖ, недостаточность функции левого желудочка становится рефрактерной к терапии и предвещает крайне неблагоприятный прогноз [73, с. 52-56].

В настоящее время в кардиологических и кардиохирургических клиниках используется достаточно обширный арсенал методов диагностики ВПС. Каждый из них обладает как преимуществами, так и недостатками. Рентгенография грудной клетки, традиционно широко используемая в предоперационном

обследовании, по существу, не дает достоверных морфометрических показателей сердца и сосудов. Основным и общедоступным методом неинвазивной оценки как до, так и после операции ТФ является эхокардиография (ЭхоКГ) в связи с ее практичностью, относительно низкой стоимостью и портативностью, а также возможностью использовать ее в динамике с целью оценки эффективности проводимой терапии [21, р. 685-712; 22, р. 452-455; 77]. Однако этот метод имеет ряд ограничений, которые в первую очередь связаны со сложной конфигурацией полости, состоящей из входного и выходного отделов ПЖ, его за грудинной локализации, невозможности обзора полости ПЖ целиком вследствие его серповидной формы и расположения приносящего и выносящего трактов в разных плоскостях, трудности в очерчивании эндокардиальной поверхности ПЖ из-за неадекватной визуализации и выраженной трабекулярности, меньшей толщиной стенок по сравнению с ЛЖ, значительная зависимость ПЖ от пред- и постнагрузки, а также давления в левых отделах сердца. Пространственной моделью ПЖ служит пирамида с треугольным основанием. Она трудно поддается описанию с помощью обычных математических подходов, которые не могут учесть поперечное расширение ПЖ и его выносящего тракта [22, р. 452-455; 72, с. 33-35; 73, р. 52-56; 78, 79].

В рекомендациях Американского (ASE) и Европейского (EAE) обществ по ЭхоКГ, опубликованных в 2005 г. [80], основные измерения относились к исследованию левых отделов сердца, и лишь небольшой их раздел касался ПЖ и правого предсердия. В 2010 г. по результатам многоцентровых исследований с участием большого числа больных и в связи с получением новых данных о роли ПЖ в центральной гемодинамике были разработаны и созданы отдельные рекомендации по эхокардиографической оценке правых камер сердца [21, р. 685-712]. Они более подробно освещают вопросы измерения ряда необходимых параметров, оценки систолической и диастолической функций ПЖ, в том числе с помощью современных эхокардиографических технологий, таких как тканевая доплерография миокарда (ТДМ) и трехмерная эхокардиография (3D-ЭхоКГ). В новых рекомендациях с учетом данных последних исследований скорректированы некоторые количественные критерии, а также уделено особое внимание необходимости комплексного подхода не только к определению размеров, объемов, но и к исследованию параметров систолической и диастолической функций ПЖ. Однако стандартизация протокола по оценке правых отделов сердца до сих пор не завершена.

Для оценки систолической функции ПЖ при 2D-ЭхоКГ в качестве одного из наиболее точных косвенных показателей рекомендовано определять фракционное изменение площади (ФИП): отношение изменения площади ПЖ во время систолы к площади ПЖ во время диастолы [22, р. 452-455], которое хорошо коррелирует с ФВ ПЖ по данным МРТ сердца, отражает радиальный компонент сокращения ПЖ. Его применение ограничено невозможностью измерения оценки вклада ВТ в систолу ПЖ, а также сложностями визуализации [14, р. 545-550].

Амплитуда систолического движения кольца трикуспидального клапана

(tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE), измеряемая в М-режиме из 2-камерной позиции, также является непрямым показателем сократительной способности ПЖ, характеризует продольное смещение ПЖ от основания до верхушки в течение всего сердечного цикла и коррелирует с инвазивным методом измерения ФВ ( $r=0,62$ ,  $p<0.001$ ). В норме TAPSE  $\geq 17$  мм (у детей). Недостатки данной методики – ее чрезмерная упрощенность, зависимость получаемых результатов от угла наклона и ориентации датчика, что может затруднять сравнение результатов последовательных измерений [21, р. 685-712].

Индекс Tei (myocardial performance index, MPI) используется для оценки глобальной систолической и диастолической функции ПЖ. Это отношение общего времени изоволюмической активности к времени, затраченному на систолическое изгнание, рассчитанное с использованием импульсно-волнового доплера при оценке транстрикуспидального кровотока и/или движения фиброзного кольца в тканевом режиме. Нормальные значения индекса Tei составляют  $>0,43$  и  $>0,54$ , соответственно. Преимущество данного показателя – его независимость от частоты сердечных сокращений и величины трикуспидальной регургитации, в то время как его взаимоотношения с пред- и постнагрузкой менее изучены [23, р. 849-855].

Измерение продольной пиковой систолической скорости движения фиброзного кольца трикуспидального клапана ( $S'$ ) при помощи тканевой импульсной доплерографии из апикальной 4-камерной позиции – еще один надежный и воспроизводимый метод оценки сократительной способности ПЖ. Данный показатель продемонстрировал высокую чувствительность (80%) и специфичность (85%) в отношении дисфункции ПЖ в исследованиях, сравнивающих  $S'$  с ФВ ПЖ, измеренной посредством радионуклидной ангиографии ( $r=0,82$ ) [81]. Начиная с 2010 г., в литературе появляется все больше данных, касающихся исследования ПЖ при различных патологических состояниях, с помощью технологии двумерного стрейна. Например, I. Garcia Lunar и соавт., исследуя деформацию и скорость деформации методом двумерного стрейна в группе пациентов с ЛГ различной этиологии, выявили достоверное снижение глобального и регионального продольного стрейна по сравнению с таковым у здоровых лиц. Кроме того, авторы выявили высокую корреляцию показателей деформации со значениями TAPSE и ФИП [21, р. 685-712]. В исследованиях ряда авторов выявлено, что оценка глобальной продольной деформации миокарда является более чувствительным методом характеристики систолической функции, чем параметры тканевой доплерографии. При ХСН с сохраненной ФВЛЖ использование технологии 2D-стрейн наряду с диастолическими нарушениями выявляет снижение продольной деформации ЛЖ [82].

Speckle Tracking Imaging – основана на определении движения миокарда при помощи отслеживания перемещения естественных акустических маркеров – зернистых структур миокарда на стандартном серошкальном изображении в В-режиме. Суть метода заключается в том, что акустические маркеры случайным образом распределяются по миокарду, а затем положение каждого пятна

определяется и отслеживается на серии последовательных кадров, что позволяет определить расстояние, на которое смещается пятно от кадра к кадру. Таким образом, по движению этих структур можно получить данные о скорости движения и деформации участков миокарда [82]. Однако, несмотря на изученность метода для оценки функции ЛЖ, по мнению авторов, в рутинном исследовании ПЖ он не рекомендуется в силу недостатка нормативных данных и низкой воспроизводимости [83].

До недавнего времени «золотым стандартом» визуализации структур сердца являлась ангиокардиография, но с появлением и развитием эхокардиографии, компьютерной и магнитно-резонансной томографии определенная группа врожденных пороков сердца не подвергается рентгеноэндоваскулярным методам диагностики. Тем не менее, катетеризация сердца и ангиокардиография являются важнейшими составляющими всего комплекса диагностических процедур у больных с врожденными пороками сердца, так как позволяют более точно изучить интересующие параметры внутрисердечной гемодинамики и анатомии. Однако даже при применении ангиокардиографии не всегда удается полностью выявить сопутствующую патологию и нередко требуется применение дополнительных проекций и, как следствие, увеличение объема введенного контраста, экспозиции рентгеновского излучения, времени исследования, а значит и длительности анестезии, введенного количества наркотических препаратов и риска развития осложнений [84].

Новые техники визуализации совершенствуются и являются перспективными, поскольку помогают изучить анатомию сердечно-сосудистой системы. Также в настоящее время быстро адаптируются технологии, позволяющие получать ротационные ангиографические изображения и преобразовывать их в последующую 3D-реконструкцию. Впервые задуманная в конце 1960-х гг., ротационная ангиография начала использоваться среди специалистов в середине 1990-х гг. и стала внедряться в клиническую практику. Ротационная ангиография как метод диагностики в целом успешно применяется в интервенционной нейрорадиологии, урологии, при электрофизиологических исследованиях и вмешательствах на периферических сосудах [53, p. 852-853].

Первые упоминания об использовании ротационной ангиографии и последующем моделировании в кардиологии принадлежат специалистам, занимающимся вопросами чрескожных коронарных вмешательств, а также специалистам в области аритмологии. Использование ротационной ангиографии и 3D-моделирования при диагностике и лечении ВПС только начинается. В доступной нам литературе имеется небольшой ряд работ, освещающих данный раздел, а в отечественных источниках вовсе отсутствует [85].

Бесспорный интерес представляет работа С. Каринс и соавт. из Сан-Паоло (Бразилия), опубликованная в 2010 г., в которой оценены результаты 62 сеансов моделирования при 53 диагностических и эндоваскулярных процедурах у пациентов с широким спектром врожденных аномалий сердца, а также после тех или иных хирургических операций. Данная работа является единственным и

самым крупным исследованием диагностических возможностей ротационной 3D-ангиографии. Авторы использовали ротационную ангиографию в тех случаях, при которых имелась необходимость уточнения диагноза после обычной ангиокардиографии. В 40% случаев проводили исследования для выявления анатомии легочных артерий, в 9% – открытого артериального протока, в 13% – коарктации аорты, в 15% – кавопультмонального анастомоза, в 11% – тетрады Фалло и еще в 11% – иных врожденных пороков сердца.

Данные D. Verma и соавт. (2011) также подтвердили эффективность ротационной 3D-ангиографии с последующим моделированием у пациентов с кавопультмональным анастомозом. Авторы провели 37 исследований у 32 таких пациентов. В итоге 89% реконструкций оценивалось как хорошего диагностического качества у 28 пациентов, у 19 из них получена значимая дополнительная информация о состоянии легочного артериального русла, повлиявшая на дальнейшую тактику лечения: в 8 случаях выполнено стентирование и в 1 случае – транслюминальная баллонная ангиопластика. Авторы пришли к выводу, что ротационная 3D-ангиография может быть безопасно и эффективно выполнена у пациентов с кавопультмональным анастомозом и иметь более высокую чувствительность при стенозах легочных артерий, чем двухмерная ангиография.

На данном этапе мировой опыт использования 3D-ангиографии довольно мал и ограничивается только сообщениями об удачном применении в конкретных случаях у небольшой группы больных с врожденными пороками сердца. Тем не менее до конца остаются неясными все горизонты диагностических возможностей, специфичность, точность данного метода. Не уточнен спектр патоморфологических изменений сердечных структур и крупных сосудов, которые могут быть подвергнуты данному исследованию с максимальной эффективностью [84, с. 14-18].

В основе рентгеновской компьютерной томографии (РКТ) лежит вычисление коэффициентов линейного ослабления рентгеновского излучения в каждой конкретной точке объема, имеющей известные координаты, при использовании, как правило, аксиальных проекций при сканировании объекта. Синхронизация с ЭКГ требует больше времени и тем самым увеличивает облучение пациента. Данные, полученные при синхронизации с ЭКГ, можно использовать для получения информации при движениях сердца и благодаря этому оценить его функциональные показатели. Интерес кардиологов и кардиохирургов к РКТ вызван прежде всего наглядностью и относительной простотой получения изображений сердца и сосудов. Во-первых, РКТ дает возможность одномоментного изучения сердца и грудной клетки в целом. Во-вторых, благодаря высокой пространственной разрешающей способности, широкому полю визуализации РКТ позволяет с высокой точностью получить достоверные морфометрические показатели не только магистральных и периферических сосудов, но и внутрисердечных структур. В-третьих, применение РКТ позволяет быстро построить мультипланарные реконструкции и трехмерные изображения, близкие и понятные врачам разных специальностей

[86]. Недостатком метода является то, что РКТ требует введения контрастных препаратов и несет лучевую нагрузку. Спиральная компьютерная томография с внутривенным болюсным контрастированием революционно изменила лучевую диагностику патологии сосудов. В 90-х годах прошлого века впервые появилась реальная возможность использования неинвазивного по характеру исследования сосудистого русла, превышающего по информативности рентгеноконтрастную ангиокардиографию.

МРТ сердца играет центральную роль в мониторинге осложнений у детей после радикальной коррекции ТФ [87, 88], поскольку она дает точную количественную информацию о размерах, функции полостей, измерения кровотока, жизнеспособность миокарда и сердечно-сосудистой анатомии без лучевой нагрузки. В клинической практике основное преимущество МРТ сердца перед ЭхоКГ – это точная количественная оценка размеров желудочков [89]. Во многих центрах МРТ является предпочтительным методом не инвазивной визуализации корригированного порока ТФ. Протокол МРТ исследования после радикальной коррекции ТФ включает в себя определение клапанной функции и анатомии обоих желудочков, выходного отдела ПЖ и межжелудочковой перегородки, массы миокарда, ударных объемов и выброса, оценка региональных нарушений движения стенок, количественная оценка легочной и трикуспидальной регургитации и сердечный выброс. Также МРТ сердца является золотым стандартом измерения кровотока, в особенности дает количественную оценку объема легочной регургитации [90].

Золотым стандартом» определения ФВ как основного показателя сократимости ПЖ считается метод термодилуции, выполняемый посредством катетеризации правых отделов сердца [71, р. 852-854]. Данный способ достаточно трудоемкий, затратный, требующий оценки квалифицированными специалистами, он не используется в рутинной практике. Другим способом, применяемым лишь в научных исследованиях, является радионуклидная ангиография [7, с. 6-16]. Гораздо менее оператор-зависимой методикой является МРТ сердца, при выполнении которой размеры (объем) ПЖ и показатели его функции (ФВ) являются точными и воспроизводимыми [91]. Дополнительным преимуществом МРТ исследования является методика 4-D flow, которая позволяет оценивать как количественные значения потока, так и наглядно представлять геометрию кровотока, оценить сложные модели потока, такие как спиральный или вихревой потоки, с цветовым картированием скоростей и направления потока в различных участках сосудистого русла. Есть возможность ретроспективного анализа потока в зонах интереса. Сканирование осуществляется на свободном дыхании и без введения контрастных препаратов, что делает эту программу особенно востребованной в обследовании детей с врожденными пороками сердца на различных этапах динамического наблюдения. Совсем недавно многими авторами 4-D flow МРТ была использована для неинвазивного получения карт кинетической энергии для визуализации и количественной оценки энергетических потоков в обоих желудочках после радикальной коррекции ТФ и может быть ранним

предиктором развивающейся гемодинамической неэффективности, чем традиционные параметры [87, р. 308-316].

#### **1.4 Роль современных методов магнитно-резонансной томографии в диагностике осложнений, возникающих после радикальной коррекции тетрады Фалло**

Золотым стандартом лечения легочной недостаточности у пациентов после радикальной коррекции ТФ является замена клапана легочной артерии с помощью биопротеза или кондуита, что приводит к ремоделированию и улучшению функции ПЖ сердца в течении первого года после имплантации, но эффективность такой операции на прямую зависит от времени вмешательства [14, р. 545-550]. В научных исследованиях в Америке показали снижение внутрибольничной смертности после имплантации кондуита. Смертность была связана с сопутствующими заболеваниями, клапанным эндокардитом и поздней имплантацией клапана. Сроки замены легочного клапана широко обсуждаются, поскольку повторные вмешательства.

Факторы его применения. Показания и сроки замены легочного клапана (PVR) являются одной из обсуждаемых и спорных тем в хирургии ВПС так как рост ребенка и дегенерация трансплантата клапана являются основными ограничениями [14, р. 545-550; 33, р. 966-1-966-8; 92-103].

Поскольку форма ПЖ не может быть описана как простая геометрическая модель, адекватные объемные расчеты ПЖ стали возможными только в последние годы с появлением магнитно-резонансной томографии (МРТ), которая является золотым стандартом для расчета объема ПЖ и определения показаний к вмешательству [16, р. 2155-2165; 104]. МРТ в последние годы стала одним из ведущих методов неинвазивной диагностики в кардиологии. Благодаря быстрому техническому прогрессу, совершенствованию оборудования и программного обеспечения этот метод продолжает развиваться и находить новые сферы применения в диагностике болезней сердца и сосудов.

МРТ – это золотой стандарт количественной оценки бивентрикулярных размеров и функции, измерения потока, жизнеспособности миокарда, количественной оценки легочной и трикуспидальной регургитации, сердечного выброса, оценки жизнеспособности миокарда, включая рубцовую ткань желудочков [105-107]. Показания к проведению МРТ сердца с корригированным пороком ТФ зависят от возраста. В течении первой декады жизни МРТ сердца проводится только тогда, когда данные визуализации, необходимые для принятия клинических решений, не могут быть получены с помощью ЭхоКГ. Но для определения степени объемной нагрузки и дисфункции ПЖ, МРТ предпочтительнее компьютерной томографии и катетеризации. Начиная с раннего второго десятилетия жизни, МРТ проводится в качестве рутинного исследования для оценки функции и объема ПЖ, бивентрикулярных размеров и функции, дисфункции других клапанов и оценки жизнеспособности миокарда [16, р. 2155-2165]. МРТ сердца стал мощным инструментом для стратификации рисков у пациентов после радикальной коррекции ТФ. В исследовании 793

пациентов из 6 центров в работе зарубежных авторов [3, p. 975-980] обнаружили, что операция по коррекции ТФ в более старшем возрасте и длительность QRS 180 мс были предикторами синдрома внезапной сердечной смерти (ВСС). Позже было проведено исследование с использованием МРТ сердца для измерения размеров и функции желудочков, авторы обнаружили, что тяжелая их дилатация или дисфункция были независимыми предикторами развития хронической сердечной недостаточности, устойчивой желудочковой тахикардии (ЖТ) и ВСС [58, p. 211-215].

Большое проспективное многоцентровое исследование, в котором у 873 пациентов выполнялось МРТ-исследование сердца для оценки функции правого желудочка, показало, что дисфункция правого желудочка является предиктором внезапной сердечной смерти, устойчивой желудочковой тахикардии в сочетании с дисфункцией левого желудочка, мерцательной аритмии и гипертрофии правого желудочка [49, p. 247-252]. В связи с этим оперативное лечение должно проводиться до развития дисфункции правого желудочка. В Детской больнице Бостона, ВПС ТФ после радикальной коррекции – это наиболее частый диагноз у пациентов, направленных на МРТ сердца, что составляет ~ 23% пациентов.

Возможности МРТ сердца пациентов после радикальной коррекции ТФ включают:

1. Количественная оценка объема, массы миокарда, ударный объем, фракцию выброса левого и правого желудочков.
2. Оценка региональных аномалий движения стенок.
3. Визуализация анатомии выводного отдела правого желудочка, легочных артерий, аорты и большие аортолегочные коллатерали.
4. Количественная оценка ЛР, трикуспидальной регургитации (ТР), сердечный выброс и соотношение легочно-системного кровотока.
5. Оценка жизнеспособности миокарда [25, p. 6-1-9-15].

МРТ сердца позволяет точно визуализировать морфологию сердца и отслеживание движения стенок с помощью количественных методов. Наилучшим показателем для оценки общей и региональной функции миокарда является деформация миокарда, величина деформации [108].

Деформация (стрейн, S) определяется как величина, отражающая изменение длины мышечного волокна относительно исходного значения. Или, это индекс деформации, определяемый как процентное изменение размеров от состояния покоя (конечная диастола) до состояния, достигнутого после сокращения (конечная систола) [109]. Деформация миокарда является показателем деформации миокарда, который является более чувствительным визуализирующим биомаркером заболевания миокарда, чем обычно используемая фракция выброса желудочков [110]. Деформация является положительной при удлинении или утолщении волокна, отрицательной – при укорочении или истончении. Скорость деформации (стрейн-рейт, SR, с<sup>-1</sup>) представляет собой изменение деформации во времени [111]. Мышца сердца имеет трехслойное строение: субэндокардиальный, средний и субэпикардиальный слои. В субэпикардиальном слое мышечные волокна

ориентированы продольно и движутся в направлении левосторонней спирали, в субэндокардиальном слое волокна также расположены продольно, но движутся в направлении правосторонней спирали, в среднем слое мышечные волокна преимущественно сокращаются циркулярно [112]. Такая архитектура обеспечивает сокращение сердца по типу скрученной ленты, причем в основании сердца волокна сокращаются от эпикарда к эндокарду, а в области верхушки – от эндокарда к эпикарду. В соответствии с этим различают продольную, циркулярную и радиальную деформации [111, р. 17-22; 113]. Продольная деформация (Longitudinal strain LS) возникает вдоль продольной оси сердца вследствие укорочению миокарда от основания к верхушке. Окружная деформация (Circumferential strain CS) возникает по короткой оси вследствие концентрического интрамурального укорочения миокарда вдоль изогнутой линии, параллельной поверхности эпикарда. Радиальная деформация (Radial strain RS) предполагает утолщение миокарда в радиальном направлении к центру полости желудочка. В систолу желудочков, продольные и окружные деформации имеют отрицательные значения, тогда как радиальное напряжение имеет положительные значения.

Эта техника в первую очередь была применена к ультразвуковым изображениям. Однако эхокардиографические изображения имеют более низкое соотношение сигнал/шум, чем CMR [114].

Диффузионно-тензорная МРТ (ДТ-МРТ) является разновидностью диффузионно-взвешенной импульсной последовательности и позволяет оценивать направленность диффузии молекул воды в сложных биологических средах *in vivo*, обеспечивает количественную информацию о микроструктуре тканей [115]. В отличие от стандартных импульсных последовательностей МРТ ДТ-МРТ дает возможность количественно оценивать полученные изображения. Основными вычисляемыми показателями являются измеряемый коэффициент диффузии и фракционная анизотропия (ФА). ФА – это относительная величина, которая характеризует степень анизотропии (степень направленности структур и их целостность).

В углубленном изучении гемодинамики, включая особенности кровотока в конкретном бассейне, позволяет МР программа 4D-flow. МР-пакет 4D-flow позволяет ретроспективно в естественных условиях детально изучать показатели кровотока и его геометрию. Программа может позволить оценивать, как количественные значения потока, так и наглядно представлять геометрию кровотока с цветовым картированием скоростей и направления потока в различных участках сосудистого русла. 4D-flow может обеспечить лучшее понимание и раннее обнаружение желудочковой дисфункции при ТФ с ЛР [116] и позволяет количественно оценить кинетическую энергию (КЭ) желудочков. Зарубежные авторы [88, р. 4066-4075] сравнили КЭ (один из показателей расхода энергии при сокращении и наполнении сердца) обоих желудочков у здоровых детей и у пациентов после радикальной коррекции ТФ. КЭ считали с помощью программы 4D-flow. Результаты показали, что систолический пик кинетической энергии левого желудочка у детей после радикальной коррекции ТФ был ниже

( $2.8 \pm 1.1$  mJ), в сравнении со здоровыми детьми ( $4.8 \pm 1.1$  mJ,  $p < 0.0001$ ). Однако диастолический пик кинетической энергии правого желудочка у детей с ТФ был выше в сравнении с контрольной группой ( $7.7 \pm 4.3$  mJ vs  $3.1 \pm 1.3$  mJ,  $p = 0.0001$ ). 4Dflow MPT показывает нарушение кинетической энергии у пациентов с ТФ и ЛР не только в непосредственно пораженном ПЖ, но и в ЛЖ, где, казалось бы, сохраняется глобальная функция. 4Dflow КЭ может быть ключом к пониманию того, почему функция ЛЖ страдает у пациентов с ТФ после коррекции, даже если общая функция в норме и объяснить прогностическое влияние функции ЛЖ у этих пациентов [88, р. 4066-4070]. МРТ сердца с отсроченным контрастированием Гадолинием стала широко применяться в клинической практике с 1999-2000 гг. Ее методология заключается в том, что через 10-30 мин после внутривенного введения контрастного препарата ( $0,1-0,2$  ммоль/ кг) выполняется T1-взвешенная МР-импульсная последовательность с синхронизацией с ЭКГ. Различают раннюю фазу контрастирования, при которой можно выявить гипреваскуляризацию в очагах активного воспаления или очаги микрососудистой обструкции (первые 2-5 мин введения Гд) и позднюю фазу (15-20 мин), при которой очень хорошо видны зоны некроза и фиброза. Самой распространенной и типичной последовательностью для исследования с отсроченным контрастированием является быстрая градиентная последовательность «инверсия–восстановление» (segmented inversion–recovery–prepared fast gradient–echo sequence). Изображения получаются в течение 9-12 циклов сердца при задержке дыхания. У пациентов, испытывающих сложности с адекватной задержкой дыхания, может применяться техника свободного дыхания (navigatorassisted free-breathing techniques). Последовательность «инверсия - восстановление» применяется для увеличения контраста между здоровым или жизнеспособным миокардом и пораженной областью, накопившей контрастный препарат. При этой методике подбирается такое значение параметра время инверсии (TI), которое приводит к обнулению МР-сигнала от нормального миокарда, и тогда более явными становятся зоны его патологического накопления в миокарде. Механизм отсроченного контрастирования миокарда базируется на двух принципах. Во-первых, хелаты гадолиния являются внеклеточными контрастными агентами, которые по структуре своей инертны и не могут проникать через неповрежденную мембрану миоцитов. Во-вторых, в неповрежденном миокарде миоциты плотно прилегают друг к другу таким образом, что основной объем (85%) составляет внутриклеточное пространство. Согласно вышеописанным принципам, объем возможного распределения контрастного препарата достаточно мал, соответственно, количество молекул гадолиния, задерживающихся в здоровом миокарде, сравнительно небольшое. При повреждении кардиомиоцитов происходит нарушение целостности клеточных мембран, что позволяет контрастному препарату диффундировать в то пространство, которое ранее было внутриклеточным [117]. Очаги отсроченного контрастирования обычно возникают как осложнение радикальной коррекции ТФ и может использоваться как фактор нарушения функции правого желудочка и других осложнения [118].

В работе зарубежных авторов с помощью МРТ исследования сравнили данные МРТ сердца у мальчиков и девочек после радикальной коррекции ТФ и выявили, что индексированный объем и масса обоих желудочков больше у людей мужского пола в сравнении с женским полом. Гипертрофия миокарда и дилатация правого желудочка коррелировали с условиями нагрузки одинаково для обоих полов. Однако при одинаковых условиях нагрузки у мальчиков выявили тяжелые функциональные нарушения. Эти результаты показывают, что различия между полами не следует игнорировать в стратегии лечения, включая выбор времени замены клапана легочной артерии [119].

Детальное обследование пациентов, с применением современных методов МРТ-исследования, дает возможность точного выявления причин послеоперационных осложнений, и на основании этого оптимизировать лечебную тактику. Авторы [120] в ретроспективном анализе пациентов после радикальной коррекции ТФ, выявили корреляцию между данными ЭхоКГ и МРТ, по результатам которых, была выявлена связь между конечно-диастолическим объемом правого желудочка (КДО ПЖ) и конечно-диастолической площадью ПЖ (КДП ПЖ) ( $r=0.72$ ,  $p < 0001$ ). Также между конечно-систолическим объемом ПЖ (КСО ПЖ) и конечно-систолической площадью ПЖ (КСП ПЖ) ( $r=0.69$ ,  $p < 0001$ ). При анализе ROC кривой данные КДП ПЖ  $\geq 21,9 \text{ см}^2/\text{м}^2$  прогнозировали КДО ПЖ  $\geq 150 \text{ мл}/\text{м}^2$  (чувствительность 83,3%, специфичность 73,5%).

### **1.5 MRI FEATURE-TRACKING (МРТ СТРЭИН) обзор нового неинвазивного метода визуализации сердца**

Метод визуализации деформации сердца с использованием магнитно-резонансной томографии (МРТ стрэйн), известный также как FT-CMR, представляет собой современный инновационный подход, разработанный на основе первоначальных исследований, проведенных Зерхуни и его коллегами в 1988 году [121]. Этот метод позволяет детализированно изучать как продольную деформацию миокарда вдоль его длинной оси, так и окружную и радиальную деформации по короткой оси сердца. FT-CMR отличается высокой эффективностью благодаря отсутствию необходимости в длительной постобработке данных, что делает его ценным инструментом для оперативной оценки механических свойств миокарда [122].

Тейлор и коллеги [123] исследовали методики оценки деформации миокарда с применением МРТ стрэйн у группы из 20 здоровых добровольцев (средний возраст:  $42 \pm 13$  лет). Их исследование выявило, что для краткосрочного анализа деформации достаточно всего  $3 \pm 1$  минуты. В свою очередь, Августин и соавторы [124] применили CMR-FT для изучения разнообразных параметров деформации миокарда у 145 здоровых участников (средний возраст:  $29.7 \pm 7.6$  лет). Их работа охватила радиальную, окружную и продольную деформации, а также установила нормативные значения в зависимости от возраста и пола. Они также исследовали использование МРТ стрэйн для оценки деформации у пациентов с первичными сердечно-сосудистыми заболеваниями, а также для

изучения влияния антрациклинотерапии на радиальную и окружную деформации левого желудочка. Исследование показало, что окружная деформация представляет собой надежный и воспроизводимый показатель деформации миокарда после антрациклинотерапии, в то время как радиальная деформация вызывает сомнения в своей достоверности [125]. Есть исследование на большой когорте пациентов с мышечной дистрофией Дюшена (n=233). Когорту поделили на различные группы на основе фракции выброса и позднего контрастирования (LGE) после сопоставления возраста и пола. Была выявлена хорошая корреляция между CMR-FT и анализом визуализации гармонической фазы [126].

Мортон и его коллеги [127] обследовали 16 здоровых людей на МРТ стрэин 3 раза в течение одного дня и в разное время. Они пришли к выводу, что CMR-FT имел хорошую воспроизводимость между исследованиями для анализа глобальных деформаций, в то время как он был плохим для сегментарных значений. Однако они не обнаружили никаких суточных изменений измерений деформации.

Кемпну и соавт. [128] использовали МРТ стрэин для оценки бивентрикулярной функции миокарда у 28 пациентов после хирургического лечения Тетрады Фалло (средний возраст  $40.4 \pm 13.3$  лет) и у 25 здоровых людей. Далее сравнили данные деформации МРТ с эхокардиографией с отслеживанием спеклов (speckle tracking echocardiography STE) и определением границ эндокарда (simple endocardial border delineation (EBD)). Они обнаружили прямую зависимость между правой и левой желудочковой глобальной деформацией.

Небольшое исследование выявило роль МРТ стрэин в диагностике патологии миокарда у пациентов с синдромом Черджа-Стросс и гранулематозе Вегенера в клинической ремиссии с нормальной ЭКГ и трансторакальной эхокардиограммой [129]. CMR-FT также может быть полезно при диагностике обследования гипертрофии левого желудочка и выявление раннего поражения сердца при болезни Андерсона Фабри, которое представляет собой X-сцепленное нарушение накопления липидов (характеризуется поражением многих органов и преждевременной смертью из-за сердечной недостаточности, почечная недостаточности, инсульта и аритмии), при возможности мониторинга и терапии [130].

В качестве показателя сегментарной и общей функции желудочков, МРТ стрэин определяется как локальное или глобальное укорочение миокарда, утолщение и удлинение. Продольная (LS) и окружная деформация (CS) обозначаются отрицательными числами, представляющее укорочение миокарда в соответствующих сегментах, тогда как радиальная деформация (RS) регистрируется как положительное число, отражающее утолщение миокарда [113, p. 210-220].

Strain - можно измерить с помощью маркировки миокарда и функции отслеживания [131, 132]. Зарубежные авторы считают, CMR-FT может быть применен к стандартным последовательностям снимков CMR и, следовательно, устраняет необходимость в специальных, технически сложных

последовательных импульсов и связанных с ними программных инструментах постобработки для количественной оценки деформации миокарда [121, р. 312-318; 133]. Кроме того, CMR-FT может применяться к видеоизображениям CMR от разных производителей и с разной напряженностью поля [134]. CMR-FT был проверен по сравнению с эхокардиографией с отслеживанием спекл-трекинга и методами маркировки миокарда CMR, которые требуют сложных дополнительных последовательностей изображений и обременительной постобработки [126, р. 144-150; 133, р. 209-214; 135, 136]. Недавние научные исследования демонстрируют, что визуализация деформации, отражающая деформацию миокарда, может выявить повреждение миокарда на более ранней стадии до снижения ФВ [137, 138]. Кроме того, клиническая применимость CMR-FT была продемонстрирована при различных сердечно-сосудистых заболеваниях [134, р. 307-314; 135, р. 203-209; 139]. Несколько исследований показали, что оценка напряжения миокарда ЛЖ с CMR-FT является чувствительным предиктором доклинической дисфункции ЛЖ [113, р. 210-220; 140, 141].

Деформация ПЖ и его клиническое значение ранее изучались в нескольких исследованиях. Например, деформация ПЖ показала корреляцию к клиническим результатам при сердечной недостаточности, тромбоэмболии легочной артерии и легочной гипертензии [142-144].

На значения деформации влияют как пол, так и возраст, но в целом значения CS и LS от  $<-17\%$  до  $-20\%$ , а также значения  $RS > 25\%-30\%$  считаются в пределах нормального диапазона [113, р. 210-220]. Улучшение показателей GCS и GLS ЛЖ в течение 6 мес после транскатетерной имплантации пульмонального клапана было зарегистрировано у пациентов с корригированной ТФ [145]. Более того, GLS ПЖ был связан с клинически значимыми переменными, такими как способность к физической нагрузке и потребление кислорода [128, р. 32-1-32-13]. Эти результаты были дополнительно подтверждены в недавней большой проспективной серии из 372 пациентов с корригированной ТФ, в которых LV GCS и RV GLS независимо предсказывали смерть, прерывание внезапной сердечной смерти или документированную желудочковую тахикардию [133, р. 209-214; 146]. Также Moon и др. в когорте случай-контроль, включающей 16 случаев показали, что как продольная деформация ПЖ, так и ЛЖ, а также окружная деформация были предиктором ЖТ и ВСС [147]. Подобные результаты были обнаружены у 15 пациентов, перенесших паллиативное вмешательство Фонтена; GCS и GLS единственного желудочка коррелировали с классом Нью-Йоркской кардиологической ассоциации и пиковым потреблением кислорода при кардиопульмональном нагрузочном тесте [148]. Как уже известно из предыдущих исследований, выполнение ЗКЛА приводит к улучшению функции миокарда у пациентов с ТФ, в частности, в отношении уменьшения объемов ПЖ. Однако, есть исследование, которое утверждает, что независимо от функционального улучшения, деформация ПЖ продолжает ухудшаться с течением времени, по сравнению с тем, что происходит у пациентов, не подвергающихся ЗКЛА [149].

У пациентов с ТФ, у которых наблюдались неблагоприятные исходы, имели более низкие значения всех параметров деформации, чем те, у кого этого не было, а нарушение продольной деформации обоих желудочков было тесно связано с неблагоприятными клиническими исходами [147, р. 676-679].

Деформация, полученная с помощью FT-CMR, может повысить точность стратификация риска и прогнозирование сердечных исходов у пациентов с системными заболеваниями до появления симптоматической сердечной дисфункции. Кроме того, FT-CMR особенно полезен для пациентов с заболеваниями или состояниями, связанными с незначительной дисфункцией миокарда, которую невозможно точно обнаружить традиционными методами. По сравнению с пациентами с сердечно-сосудистыми заболеваниями, пациенты с системными заболеваниями с меньшей вероятностью будут проходить регулярную визуализацию сердечно-сосудистой системы для выявления пороков сердца, тогда как поражение сердца у этих пациентов может привести к серьезным неблагоприятным исходам; следовательно, важность методов визуализации сердца может быть недооценена в этой группе пациентов [150].

## 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Объекты исследования

После получения одобрения на проведение исследования от Локальной комиссии по этике АО «Национальный научный кардиохирургический центр» (протокол №2 от 20 апреля 2021 года), ретроспективно набор материала проводился в отделении радиологии АО «Национальный научный кардиохирургический центр». Материалом исследования определены пациенты с ТФ, госпитализированные в АО «ННКЦ» в период с 2011 по 2020 годы включительно. Были отобраны истории болезни 613 пациентов различного возраста с клиническим диагнозом Тетрады Фалло. Все больные были обследованы по принятой в АО «ННКЦ» общеклинической схеме диагностики ВПС, которая включает из инструментальных методов эхокардиографию (ЭхоКГ) и при необходимости – катетерную ангиокардиографию (КАГ).

В исследование включены пациенты с осложнениями после радикальной коррекции ТФ, которым было проведено МСКТ, МРТ исследования.

При МСКТ изучены данные 116 пациентов, из них 69 (80%) мальчиков и 47 (20%) девочек (средний возраст  $2,2 \pm 3,54$  года) с осложнениями после радикальной коррекции ТФ. На момент операции средний возраст пациентов составлял от 10 до 36 (в среднем 12) месяцев, средняя масса тела 21кг, средний рост 105,4см, средняя площадь поверхности тела  $0,74\text{м}^2$ . Средний возраст пациентов на момент проведения КТ составил 17,5 месяцев (возрастной диапазон 7–36) (таблица 1).

Таблица 1 – Общая характеристика пациентов (n=116)

Характеристика пациентов	Частота (в среднем)
Пол, n (%)	
Мальчики	69 (59)
Девочки	47 (41)
Возраст при первичной коррекции, мес	12 (10-36)
Предшествующее шунтирование, n (%)	25 (21,5)
<i>Первичная коррекция</i>	
Трансаннулярная пластика, n (%)	67 (57,7)
Миэктомия/вальвулотомия, n (%)	41 (35,3)
Клапансодержащий кондуит Contegra, n (%)	8 (6,8)
Масса тела, кг	21,08
Рост, см	105,4
Площадь поверхности тела $\text{м}^2$	0,7

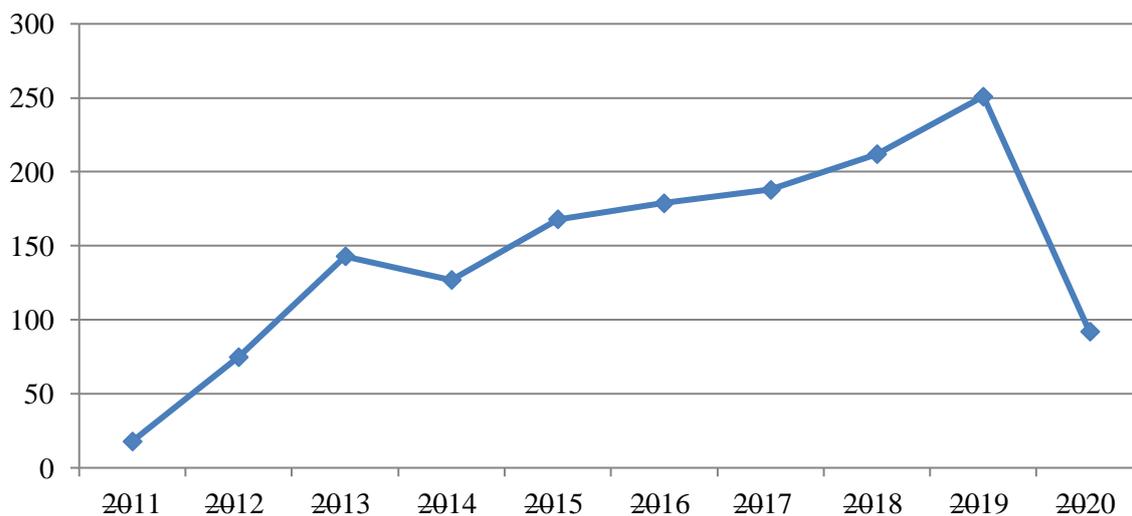


Рисунок 1 – Количество пациентов с диагнозом ТФ, поступивших в АО «ННКЦ» по годам

График (рисунок 1) показывает общую тенденцию роста количества пациентов с диагнозом ТФ с 2011 по 2019 годы, за исключением небольших спадов в 2015 и 2020 годах, причем 2020 год выделяется резким снижением количества пациентов (за счет пандемии).

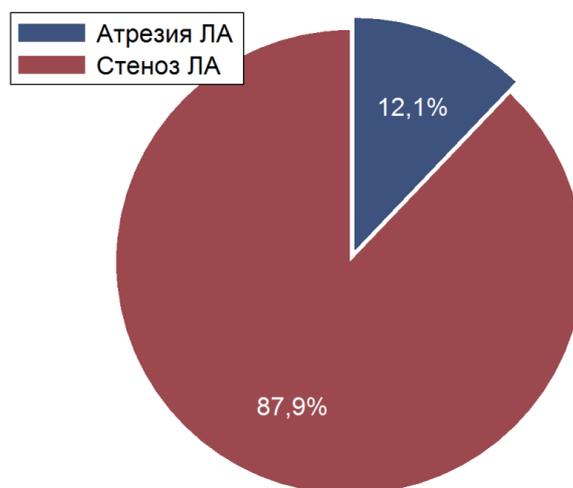


Рисунок 2 – Тип ТФ

Исходя из рисунка 2 видно, что стеноз легочной артерии является наиболее распространенным типом ТФ, встречаясь в 87,9% случаев, тогда как атрезия легочной артерии составляет лишь 12,1% случаев.

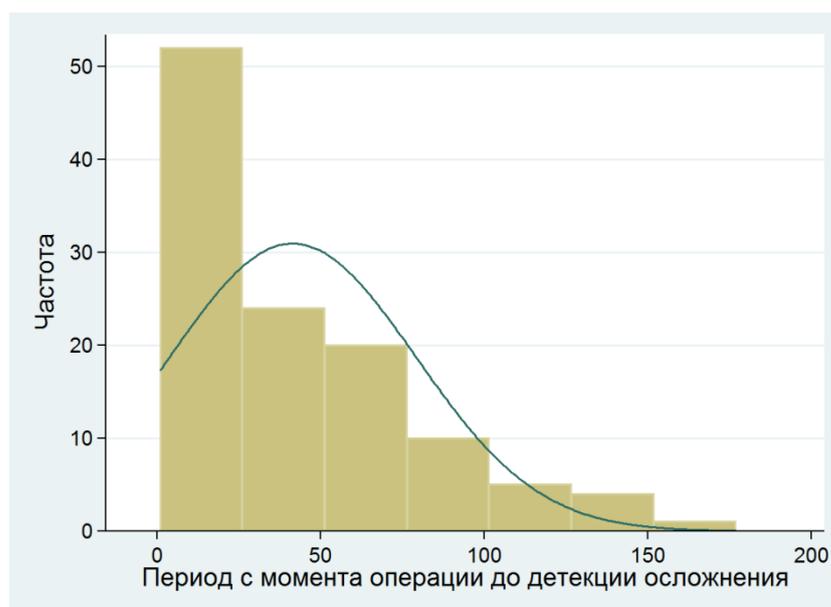


Рисунок 3 – Период с момента операции до детекции осложнения

Из рисунка 3 следует сделать вывод, что в течении 31,5 (10,5-67,5) месяцев чаще всего выявляются осложнения после операции.

При МРТ изучены данные 69 пациентов (средний возраст  $11 \pm 4,69$  года), из них 24 (35%) девочек и 45 (65%) мальчиков (таблица 2).

При МРТ пороговые значения конечно-диастолического объема правого желудочка (КДО ПЖ) от  $150 \text{ мл/м}^2$  были в качестве показания к ЗКЛА, в связи с чем когорта была разделена на две группы в зависимости от КДО ПЖ:

- первая группа: пациенты с КДО было менее  $150 \text{ мл/м}^2$ ;
- вторя группа пациенты с КДО  $150 \text{ мл/м}^2$  и более.

Таблица 2 – Данные МРТ пациентов (n = 69)

Данные	Общее	Девочки (n = 24, 35%)	Мальчики (n = 45, 65%)
Возраст	11 ( $\pm 4$ )	11 ( $\pm 2$ )	11 ( $\pm 4$ )
Градиент давление между правым желудочком и легочной артерией, mmHg	19.7 ( $\pm 13.7$ )	19.5 ( $\pm 13.9$ )	19.9 ( $\pm 13.7$ )
NTproBNP, pg/ml	186 ( $\pm 196.2$ )	147.6 ( $\pm 84.1$ )	206.5 ( $\pm 233.6$ )
КДО ПЖ, $\text{мл/м}^2$	130.1 ( $\pm 24.9$ )	116.8 ( $\pm 26.9$ )	137.2 ( $\pm 20.9$ )
КДО ПЖ, n (%)			
< $150 \text{ мл/м}^2$	52 (75)	21 (88)	31 (69)
$\geq 150 \text{ мл/м}^2$	17 (25)	3 (12)	14 (31)
КСО ПЖ, $\text{мл/м}^2$	68.5 ( $\pm 60.3$ )	52.4 ( $\pm 24.6$ )	77.1 ( $\pm 71.3$ )
ФВ ПЖ, %	52.5 ( $\pm 7.4$ )	54.1 ( $\pm 8.3$ )	51.6 ( $\pm 6.8$ )
КДО ЛЖ, $\text{мл/м}^2$	72.9 ( $\pm 14.5$ )	67.9 ( $\pm 15.7$ )	75.6 ( $\pm 13.2$ )
КСО ЛЖ, $\text{мл/м}^2$	28 ( $\pm 8.3$ )	26.4 ( $\pm 6.8$ )	28.9 ( $\pm 8.9$ )
ФВ ЛЖ, %	62.2 ( $\pm 5.7$ )	62.7 ( $\pm 4.02$ )	62 ( $\pm 6.4$ )

Дизайн диссертационного исследования:

- 1) тип исследования: вторичный (данные из истории болезней);
- 2) категория исследования: одномоментное (поперечное исследование).

В исследование были включены пациенты только с осложнениями после радикальной коррекции Тетрады Фалло (рисунок 4).



Рисунок 4 – Дизайн диссертационного исследования

Критериями включения пациентов в группы наблюдения явились:

- 1 Пациенты после радикальной коррекции ТФ.
2. Подписанное информированное согласие пациентов на проведение МСКТ, МРТ и участие в исследовании.

Критерии исключения из исследования:

1. Нарушение функции почек (высокий уровень креатинина)
2. Наличие в истории болезни данных за непереносимость или аллергическую реакцию на рентгеноконтрастные препараты.
3. Взрослые пациенты с ТФ, не подвергавшейся коррекции.

## 2.2 Методы исследования

### 2.2.1 Компьютерная томография сердца с контрастированием

Компьютерная томография сердца с в/в болюсным контрастированием проводили на 64-срезовом компьютерном томографе «Somatom Definition AS» (Siemens, Германия) по стандартной методике в режиме пошагового сканирования с обязательной проспективной синхронизацией с ЭКГ (задержка триггера 40-80% от интервала R-R), с толщиной среза 1,0мм [86, 152]. Требованиями к МСКТ-аппарату являлись: толщина срезов не менее 64 срезов, скорость вращения рентгеновской трубки не более 350 мс, ширина детектора не

более 0,625мм, наличие протокола сканирования и автоматического инжектора для внутривенного болюсного введения контрастных препаратов, а также рабочие станции для постпроцессинговой обработки и интерпретации данных. Исследование проводилось в положении лежа на спине с поднятыми над головой руками (для более старших детей), движение стола в краниокаудальном направлении. КТ-исследование проводили натощак. У грудных детей применяли медикаментозную седацию. Дети находились под наблюдением анестезиолога.

Пациентам устанавливался периферический или центральный катетер, выдерживающий давление 2070 кПа. Скорость введения контрастного препарата была не более 2 мл/сек. Объем неионного контрастного вещества рассчитывается по массе тела пациента. В качестве контрастных веществ применяли только неионные контрастные препараты «Ультравист 370», «Визипак-320», в объеме 1,5-2,0 мл/кг веса со скоростью 0,5-1,5 мл/сек. Также устанавливали электроды для синхронизации сканирования с ЭКГ. Осложнений при проведении исследования не отмечено. Для введения контрастного препарата применяли автоматический, бесколбовый инжектор «Missouri» (Ulrich Medical GmbH, Германия). Артериальная фаза исследования начиналась автоматически при достижении пикового значения рентгеновской плотности в просвете восходящей аорты или полости левого желудочка, соответствующего 80-120HU. Средняя эффективная доза облучения составила 15-20 мЗв, на фоне внутривенного введения неионного контрастного препарата. Управление и планирование проводили при помощи touch-терминала. Время запуска сканирования определяли автоматически с помощью болюс-трекинга на восходящем отделе аорты или полости левого желудочка (рисунок 5).



а



б

Рисунок 5 – Программа отслеживания плотности контраста в восходящем отделе аорты и полости левого желудочка

Болюс – трекинг позволяет уменьшить объем вводимого контрастного препарата. Задержку начала сканирования обычно ставят в диапазоне от 5 до 10 секунд, чтобы успеть дать команду по задержке дыхания.

Исследование проводилось по программе «body» с установкой метки отслеживания болюса в восходящем отделе аорты. Сканирование выполнялось в краниокаудальном направлении. Толщина томографического среза не более 3мм. Первоначально выполняли топограмму (рисунок 6) во фронтальной проекции с обязательным захватом области интереса и близлежащих зон.



Рисунок 6 – Топограмма

Далее осуществляли сканирование от надключичной области до нижнего края легочных синусов с в/в болюсным контрастированием.

Постобработку полученных данных проводили с помощью системы экспертного постпроцессинга «Syngo Via», в приложении «body», которое ускоряет процесс обработки изображений ввиду предварительного выделения сердца из окружающей ткани, предоставления оптимальной фазы сердечного цикла для анализа изображений (рисунок 7).

Все пациенты подписывали информированное согласие на проведение мультиспиральной компьютерной томографии (Приложение Г). Также проводился опрос пациентов и изучение медицинской документации для уточнения возможных противопоказаний: почечная недостаточность, аллергия на введение йодсодержащего контрастного вещества в анамнезе. Перед прохождением МСКТ необходимо было предоставлять анализ крови на креатинин. Проведен подсчет СКФ. Для предупреждения возникновения контраст-индуцированной нефропатии, подготовку больного решал врач и им были даны рекомендации проводить в соответствии с рекомендациями Европейского общества урогенитальной радиологии (ESUR Guidelines on

Contrast Agents, v.10.0) и МР №42 «Особенности применения контрастных препаратов в лучевой диагностике» от 2018 года [151].



Рисунок 7 – 3D картина сердца после обработки с помощью системы экспертного постпроцессинга «Syngo Via»

Все этапы сканирования у более взрослых детей выполняли при задержке пациентом дыхания на вдохе.

Таблица 3 – Параметры протокола исследования с контрастированием

Протокол исследования	Параметры сканирования
Область сканирования	Сердце
Направление сканирования	каудокраниальное
Время полного оборота	0,28 с
Время сканирования	0,28 с
Напряжение	100 kV/100 kV
Шаг реконструкции	0,5 мм
Питч	3,4
Ядро реконструкции	B 26f
Задержка пуска сканирования	5с
Задержка начала сканирования	Тест-болус+6 с+задержка пуска

Протокол проведения исследования сердца у детей (таблица 3) состоял из топограммы и фазы контрастирования, также использовалась проспективная синхронизация с ЭКГ.

### 2.2.2 Магнитно-резонансная томография сердца и программа «Strain»

МР-исследования сердца проводили на сверхпроводящем МР-томографе «Magnetom Avanto» (Siemens, Германия) с напряженностью поля 1,5 тесла, с базовой комплектацией. Сканирование осуществляли при обязательной проспективной синхронизации с ЭКГ и дыханием с использованием «спин-эхо» импульсной последовательности (SE-ИП) для оценки анатомии. У грудных детей и детей до 3 лет исследование проводили натощак с использованием внутривенного наркоза по стандартной методике, принятой в АО «ННКЦ», под наблюдением анестезиолога. Срезы были ориентировали в трех стандартных плоскостях (поперечной аксиальной, сагиттальной, фронтальной), в плоскостях аналогичных 4-х и 2-х камерным проекциям в эхокардиографии, а также в косых плоскостях, согласно зонам интереса, если того требовали задачи исследования [105, 152].

Деформация (стрейн, S) определяется как величина, отражающая изменение длины мышечного волокна относительно исходного значения; или это индекс деформации, определяемый как процентное изменение размеров от состояния покоя (конечная диастола) до состояния, достигнутого после сокращения (конечная систола) [109, р. 36-1-36-39]. Деформация является положительной при удлинении или утолщении волокна, отрицательной – при укорочении или истончении. Обычно мышца сердца имеет трехслойное строение: субэндокардиальный, средний и субэпикардиальный слои, в субэпикардиальном слое мышечные волокна ориентированы продольно и движутся в направлении левосторонней спирали, в субэндокардиальном слое волокна также расположены продольно, но движутся в направлении правосторонней спирали, в среднем слое мышечные волокна преимущественно сокращаются циркулярно [112, р. 1-10]. Такая архитектоника обеспечивает сокращение сердца по типу скрученной ленты, причем в основании сердца волокна сокращаются от эпикарда к эндокарду, а в области верхушки – от эндокарда к эпикарду; и в соответствии с этим различают продольную, циркулярную и радиальную деформации [111, р. 17-22; 113, р. 210-220]. Продольная деформация (Longitudinal strain LS) возникает вдоль продольной оси сердца вследствие укорочению миокарда от основания к верхушке. Окружная деформация (Circumferential strain CS) возникает по короткой оси вследствие концентрического интрамурального укорочения миокарда вдоль изогнутой линии, параллельная поверхности эпикарда. Радиальная деформация (Radial strain RS) предполагает утолщение миокарда в радиальном направлении к центру полости желудочка. В систолу желудочков, продольные и окружные деформации имеют отрицательные значения, тогда как радиальные напряжение имеет положительные значения. Эта техника в первую очередь была применена

к ультразвуковым изображениям. Однако эхокардиографические изображения имеют более низкое соотношение сигнал/шум, чем CMR [112, р. 1-10].

Деформация ПЖ и его клиническое значение ранее изучались в нескольких исследованиях. Например, деформация ПЖ показала корреляцию к клиническим результатам при сердечной недостаточности, тромбоэмболии легочной артерии и легочной гипертензии [142, р. 1-10; 143, р. 562-570; 144, р.181-187].

Feature-tracking (Strain) было выполнено с помощью программного обеспечения (Segment CMR; Lund, Швеция). Были выбраны базальные, среднежелудочковые и апикальные короткоосевые срезы ЛЖ и ПЖ, также 4-камерный срез. С помощью инструмента перемотки были избраны моменты конечной диастолы и конечной систолы и нарисованы контуры эндокарда и эпикарда (рисунок 8, 9).

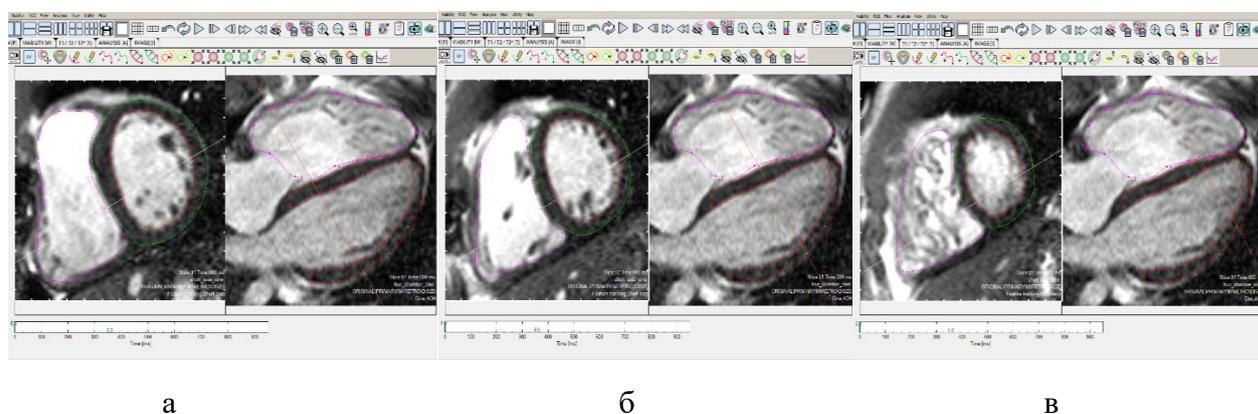


Рисунок 8 – Контуры эндокарда ЛЖ и ПЖ с контурами эпикарда ЛЖ в момент конечной диастолы

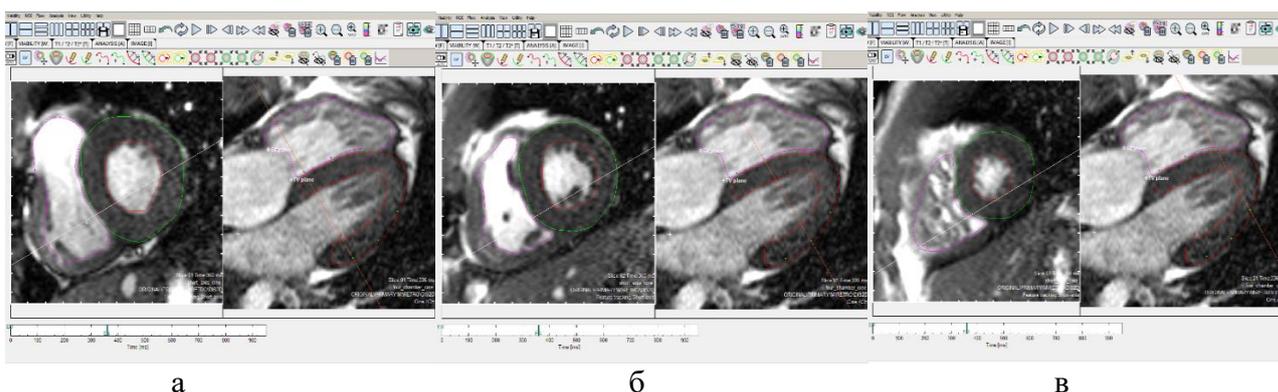
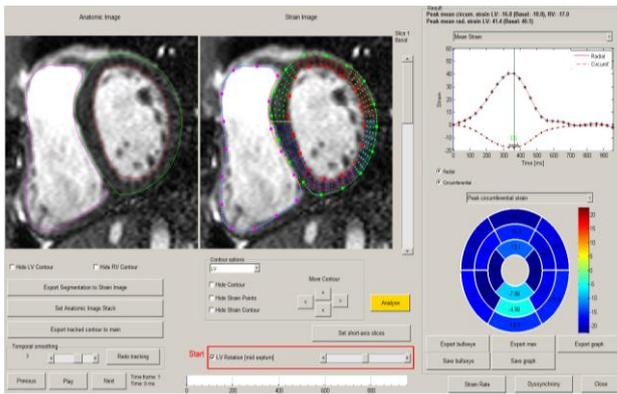
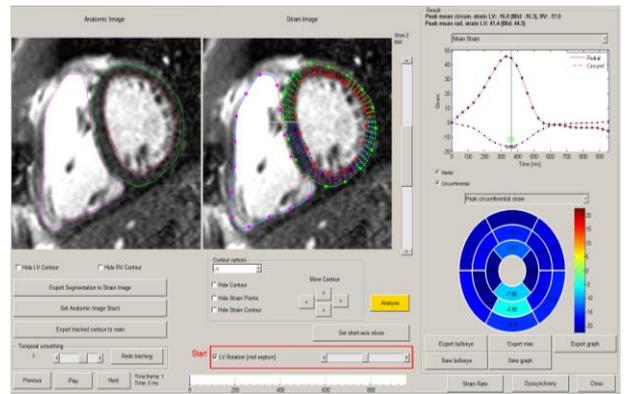


Рисунок 9 – Контуры в момент конечной систолы

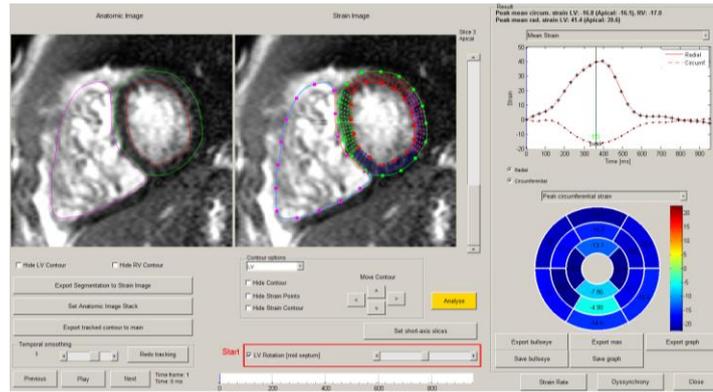
Пиковую глобальную окружную деформацию ЛЖ и ПЖ рассчитывали как средневзвешенное значение (по количеству сегментов) пиковой окружной деформации базального, среднего желудочкового и апикального отделов. Контуры эндокарда и эпикарда ЛЖ по длинной оси рисовали на двухкамерных и четырехкамерных проекциях. Пиковую глобальную продольную деформацию ЛЖ и ПЖ рассчитывали с четырехкамерной проекции (рисунок 10, 11, 12).



а



б



В

Рисунок 10 – Измерения глобальной окружной деформации левого желудочка на уровне разных сегментов

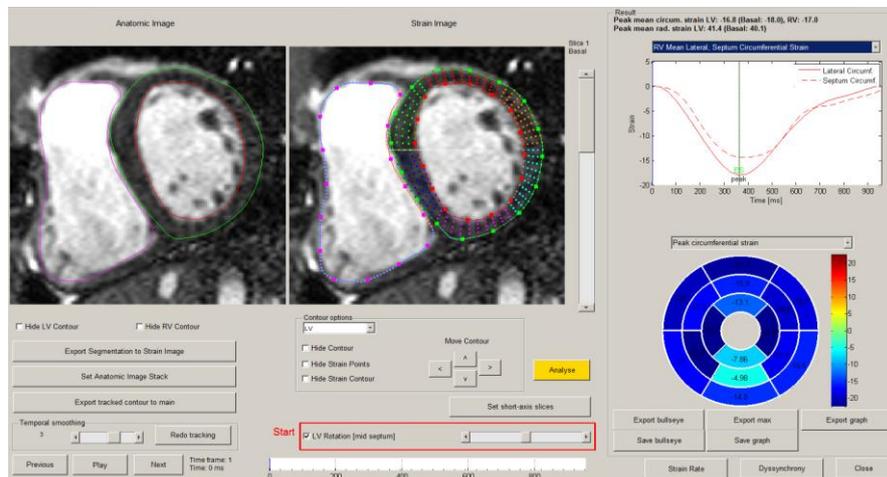
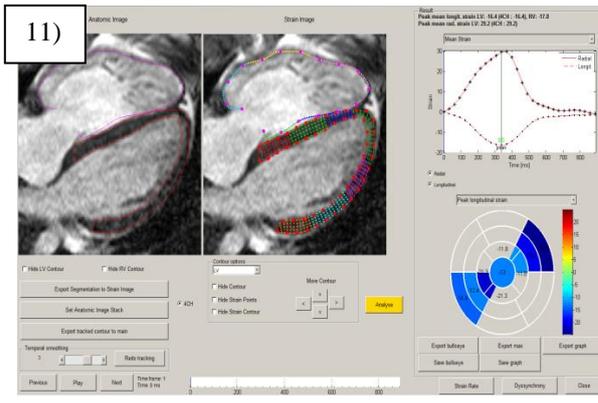
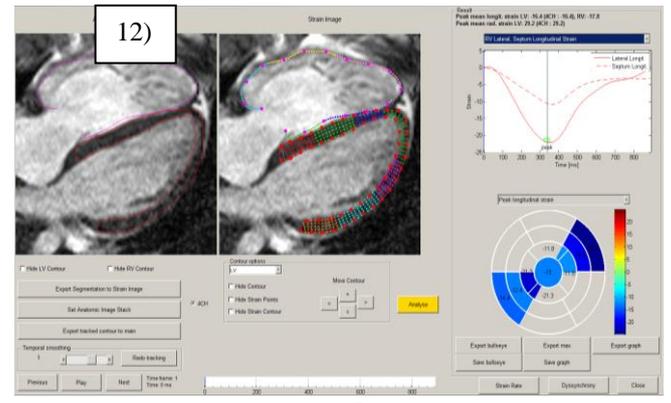


Рисунок 11 – Глобальная окружная деформация правого желудочка базального сегмента



а



б

Рисунок 12 – Измерения глобальной продольной деформации на четырехкамерной проекции

Далее результаты были выведены в документ Word и записаны пиковые значения глобальной окружной и продольной деформации (рисунок 13).

Microsoft Word document showing patient data and strain results for the right ventricle (RV) in a short-axis view.

Patient ID: AMB

Image stack: Feature tracking Short-axis

RV Mean Lateral, Septum Circumferential Strain

	Lateral 0.000000	-0.215923	-1.248419	-2.987232	-5.121965	-7.438799
9.818676	-12.168479	-14.360704	-16.202817	-17.460632	-17.984165	-
17.736472	-16.819615	-15.380118	-13.568887	-11.622674	-9.755645	-
8.041149	-6.483344	-5.119889	-4.006377	-3.184306	-2.625677	-
2.218170	-1.805364	-1.311018	-0.763042	-0.272135	0.088245	-
	Septum 0.000000	-0.208427	-0.525282	-1.328122	-2.819647	-4.963685
7.448595	-9.803327	-11.730693	-13.136239	-14.032447	-14.432794	-
14.414968	-14.200692	-13.836854	-13.076589	-11.637177	-9.606216	-
7.386285	-5.611889	-4.616473	-4.258401	-4.068454	-3.751038	-
3.265862	-2.770568	-2.361279	-1.993712	-1.530927	-0.905936	-

а

Microsoft Word document showing patient data and strain results for the right ventricle (RV) in a long-axis view.

Patient ID: AMB

Image stack: Cine 4CH

RV Lateral, Septum Longitudinal Strain

	Lateral 0.000000	0.141350	-0.881575	-3.037870	-5.870587	-8.979297
12.097635	-15.022301	-17.575912	-19.655734	-21.224686	-22.133346	-
22.098919	-20.871905	-18.511252	-15.446486	-12.527733	-10.332603	-
8.805255	-7.535341	-6.330890	-5.241029	-4.443638	-3.993327	-
3.758141	-3.478996	-2.971413	-2.190281	-1.258319	-0.327675	-
	Septum 0.000000	-0.421227	-1.061767	-1.927600	-2.995262	-4.173238
5.344184	-6.447548	-7.524120	-8.639909	-9.776866	-10.695002	-
10.988234	-10.402945	-9.145732	-7.649978	-6.370899	-5.406109	-
4.688087	-4.179265	-3.852203	-3.646078	-3.503630	-3.396053	-
3.314275	-3.285487	-3.320014	-3.370957	-3.362644	-3.261818	-

б

Рисунок 13 – Результаты окружной и продольной деформаций правого желудочка в разные моменты систолы и диастолы

Последующим этапом было сравнение полученных результатов одних и тех же пациентов в разные периоды времени. Проводились те же измерения на тех же уровнях, как и в предыдущих исследованиях (рисунок 14, 15, 16).

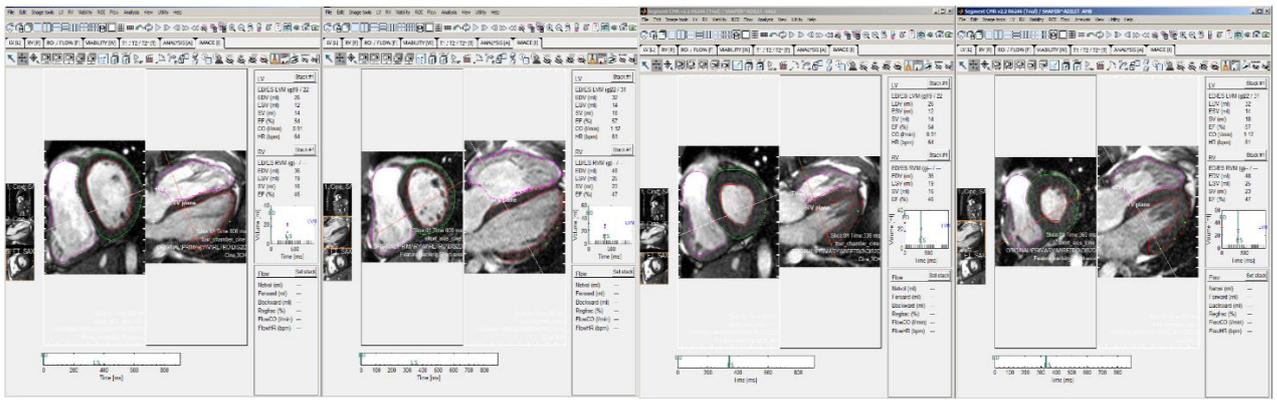


Рисунок 14 – Контуры ЛЖ и ПЖ базального сегмента в конечную диастолу и конечную систолу одного пациента в разные периоды времени

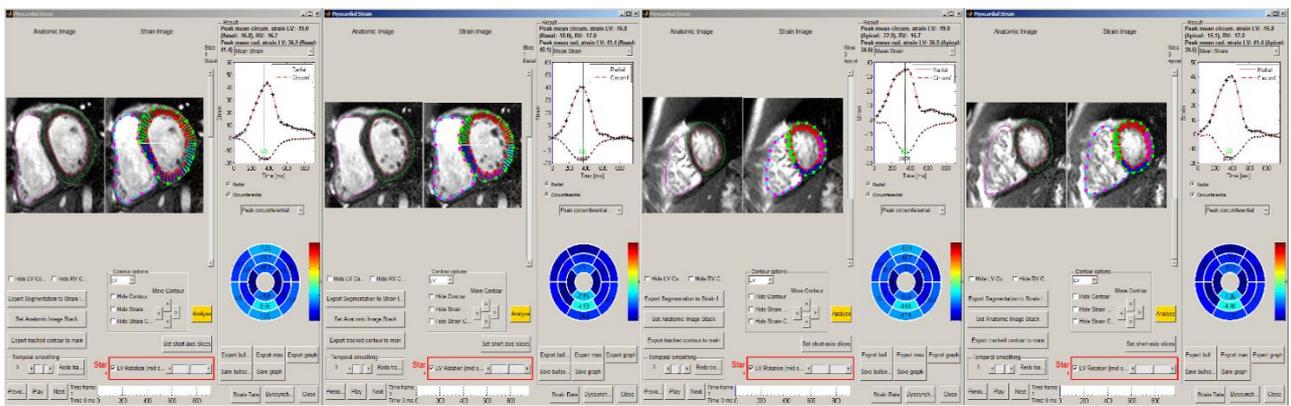


Рисунок 15 – Сравнение глобальной окружной деформации базального и апикального сегментов одного пациента в разные периоды времени

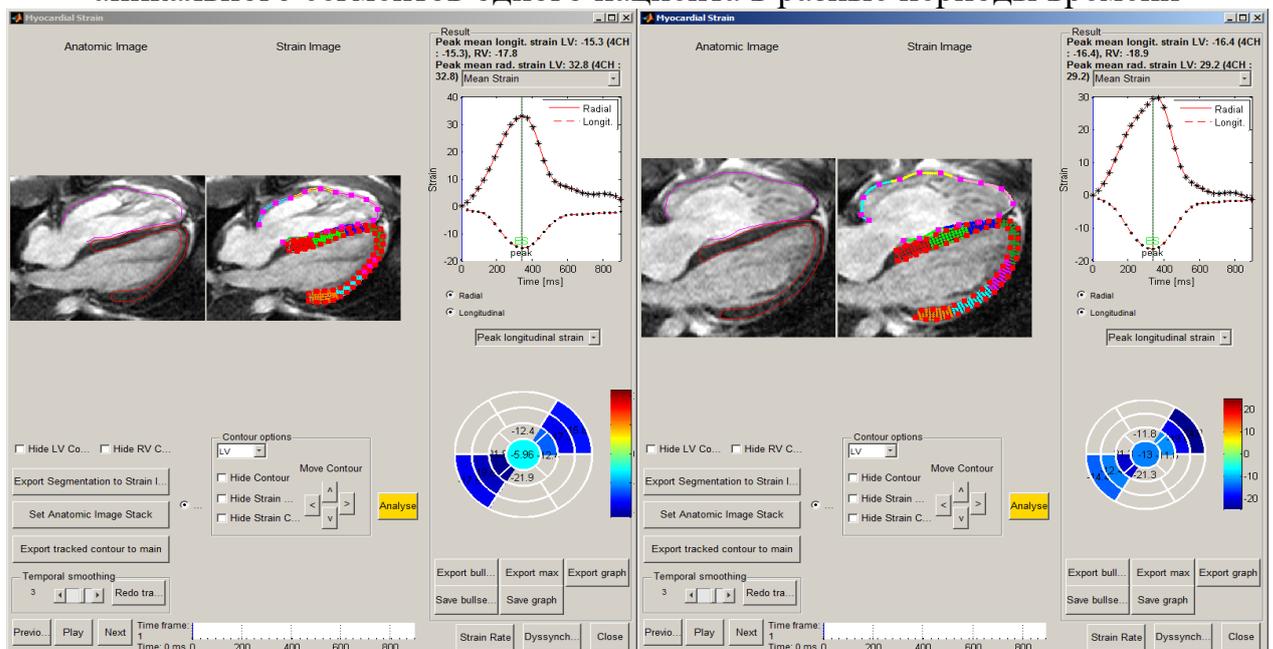


Рисунок 16 – Сравнение глобальной продольной деформации одного пациента на четырехкамерной оси в разные периоды времени.

### 2.3 Методы статистической обработки результатов исследования

Описательные данные представлены в процентах (для категориальных переменных), при необходимости – как среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение или медиана (интерквартильный размах). Когорты были разделены на две группы: выжившие и умершие пациенты. Категориальные переменные сравнивали с помощью  $\chi^2$ -теста, непрерывные – с помощью t-теста или U-теста Манна–Уитни.

Сравнение между тремя группами проводилось посредством бивариационного анализа для нормально распределённых величин. С помощью такого же анализа оценивали связь между стенозом лёгочной артерии и другими переменными. Для оценки взаимосвязи между функциональными параметрами, исследованными в трёх различных группах, использовали коэффициент корреляции Пирсона или коэффициент ранговой корреляции Спирмена, р-значения были двусторонними и считались значимыми при  $<0,005$  во всех видах анализа. Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы SPSS (версия 24.0, IBM Corp.) [152].

Данные МРТ были проанализированы ретроспективно. Для описания характеристик участников использовалась описательная статистика. Большинство переменных были непрерывными, поэтому они выражались как средние значения и стандартные отклонения. Что касается категориальных переменных, они были представлены в виде чисел наблюдений и процентов. Когорта была разделена на две группы в зависимости от КДО ПЖ. Если у человека было менее  $150 \text{ мл/м}^2$ , это была первая группа, а если было  $150 \text{ мл/м}^2$  и более, то это была вторая группа. Т-критерий Стьюдента и U-критерий Манна–Уитни использовались для изучения непрерывных переменных в разных группах в зависимости от того, были ли выполнены предположения параметрического теста или нет. Для категориальной переменной пола использовался точный критерий Фишера, поскольку таблица  $2 \times 2$  с группами RV EDVi показала, что предположение для критерия Хи-квадрат не было выполнено. Уровень значимости был установлен на уровне 0,05. Все анализы проводились с использованием STATA 16.2 [152].

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1 Результаты мультиспиральной компьютерной томографии сердца у пациентов с осложнениями после радикальной коррекции Тетрады Фалло

По результатам МСКТ выявлены 116 пациентов с осложнениями после радикальной коррекции ТФ. У 49 пациентов после коррекции обнаружен стеноз лёгочной артерии, у 92 – стеноз ветвей лёгочной артерии, из которых у 56 пациентов стеноз затрагивал основную ветвь левой лёгочной артерии, у 36 – основную ветвь правой лёгочной артерии. Кроме того, у 8 пациентов был диагностирован стеноз выходного тракта правого желудочка (ВТПЖ), у 32 – дефект межжелудочковой перегородки (ДМПП), у 1 – тромбоз шунта, у 12 – послеоперационная деформация лёгочной артерии, у 10 – выраженная дилатация правого желудочка, у 2 – аневризма ВОПЖ, у 6 – кальцификация и стеноз кондуита (рисунок 17).

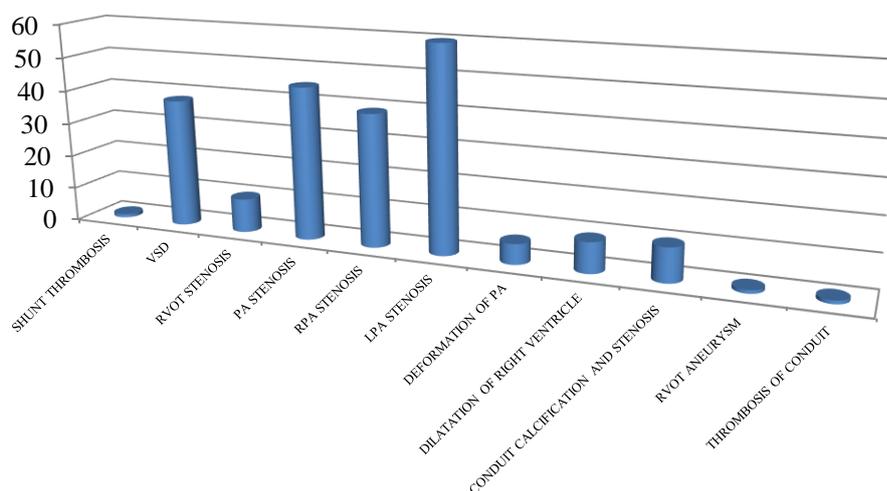


Рисунок 17 – Виды осложнений, выявленные с помощью МСКТ (N=116)

На основании рисунка 16 можно заключить, что наиболее частые осложнения – это стеноз лёгочной артерии и её ветвей.

Проведи сравнение медицинских характеристик пациентов со стенозом и без стеноза лёгочной артерии и её ветвей с помощью бивариационного анализа и оценки отношения шансов (ОШ).

При сравнении трёх пар данных - не выявлено существенных различий в возрасте, антропометрических параметрах (рост, вес, площадь поверхности тела) и гендерном распределении пациентов, при наличии или отсутствии у них различных типов стеноза (лёгочной артерии, правой или левой лёгочной артерии). Кроме того, не выявлено статистически значимых различий по типу ТФ, наличию тромбоза шунта и паллиативной операции, а также типу выполненного хирургического вмешательства ( $p > 0,05$ ). Фактически данные групп сравнения были сопоставимы по вышеуказанным критериям (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнение медицинских характеристик пациентов с наличием и отсутствием стеноза лёгочной артерии (n=116)

Переменная	Нет (n=67)	Да(n=49)	p
Возраст, мес	28,5 (29,5)	24.6 (27)	0.48
Рост, см	107,1 (29,4)	103.1 (29.8)	0.47
Масса тела, кг	22,6 (17,4)	19 (12.9)	0.23
Площадь поверхности тела	0,75 (0,29)	0.72 (0.34)	0.5
Пол	-	-	0.14
Мальчики	36 (52,2%)	33 (47.8%)	
Девочки	31 (66%)	16 (34%)	
Паллиативная операция	-	-	0.8
Нет	52(57,1%)	39 (42.9%)	
Да	15 (60%)	10 (40%)	
Тип ТФ	-	-	0.08
Стеноз ЛА	56(55%)	46 (45%)	
Атрезия ЛА	11(79%)	3 (21%)	
Тип операции	-	-	0.69
Трансаннулярная пластика	38 (56,7%)	29 (43.3%)	
Клапансохраняющая операция	23 (56,1%)	18 (43.9%)	
Конduit	6 (75%)	2 (25%)	
Тромбоз шунта	-	-	0.58
Нет	66 (57,4%)	49 (42.6%)	
Да	1 (100%)	0	
ДМЖП	-	-	0.84
Нет	49 (58.3%)	35 (41.7%)	
Да	18 (56.3%)	14 (43.7%)	
Стеноз выходного от дела правого желудочка	-	-	0.26
Нет	61 (56.5%)	47 (43.5%)	
Да	6 (75%)	2 (25%)	
Аневризма выходного отдела правого желудочка	-	-	0.33
Нет	65 (57%)	49 (43%)	
Да	2 (100%)	0	
Деформация ЛА	-	-	0.61
Нет	60 (58%)	44 (42.3%)	
Да	7 (58.3%)	5 (41.7%)	
Стеноз правой ветви ЛА	-	-	0.93
Нет	46 (57.5%)	34 (42.5%)	
Да	21 (58.3%)	15 (41.7%)	
Стеноз левой ветви ЛА	-	-	0.03*
Нет	29 (48.3%)	31 (51.7%)	chi
Да	38 (67.9%)	18 (32.1%)	
Расширение правого желудочка	-	-	0.58
Нет	61 (57.6%)	45 (42.4%)	
Да	6 (60%)	4 (40%)	
Кальцификация и стеноз кондуита	-	-	0.19
Нет	62 (56.4%)	48 (43.6%)	
Да	5 (83.3%)	1 (16.7%)	

\* – Критерий хи-квадрат; ОШ стеноз ЛЛА да=0,44, т.е. отношение шансов (ОШ) развития стеноза лёгочной артерии у лиц со стенозом левой лёгочной артерии (ЛЛА) в 0,44 раза (56%) ниже, чем у тех, у кого стеноз левой лёгочной артерии не выявлен

Таблица 5 – Сравнение медицинских характеристик пациентов с наличием и отсутствием стеноза левой лёгочной артерии (n=116)

Переменная	Нет (n=67)	Да(n=49)	p
Возраст, мес	29.3 (32.2)	24.3 (24.1%)	0.35
Рост, см	108 (28.3)	102 (30.7)	0.3
Масса тела, кг	20.3 (12.4)	21.9 (18.7)	0.6
Площадь поверхности тела	0.76 (0.33)	0.72 (0.29)	0.46
Пол	-	-	0.1
Мальчики	40 (58%)	29 (42%)	
Девочки	20 (42.6%)	27 (57.4%)	
Паллиативная операция	-	-	0.35
Нет	45 (49.5%)	46 (50.5%)	
Да	15 (60%)	10 (40%)	
Тип ТФ	-	-	0.06
Стеноз ЛА	56 (55%)	46 (45%)	
Атрезия ЛА	4 (28.6%)	10 (71.4%)	
Тип операции	-	-	0.96
Трансаннулярная пластика	34 (50.8%)	33 (49.2%)	
Клапансохраняющая операция	22 (53.7%)	19 (46.3%)	
Конduit	4 (50%)	4 (50%)	
Тромбоз шунта	-	-	0.52
Нет	59 (51.3%)	56 (48.7%)	
Да	1 (100%)	0	
ДМЖП	-	-	0.024*
Нет	38 (45.2%)	46 (54.8%)	chi
Да	22 (68.8%)	10 (31.3)	
Стеноз выходного отдела правого желудочка	-	-	0.6
Нет	56 (51.8%)	52 (48.2%)	
Да	4 (50%)	4 (50%)	
Аневризма выходного тракта правого желудочка	-	-	0.23
Нет	60 (52.6%)	54 (47.4%)	
Да	0	2 (100%)	
Деформация лёгочной артерии	-	-	
Нет	56 (53.8%)	48 (46.2%)	0.15
Да	4 (33.3%)	8 (66.7%)	
Расширение правого желудочка	-	-	0.42
Нет	54 (51%)	52 (49%)	
Да	6 (60%)	4 (40%)	
Кальцификация и стеноз кондуита	-	-	0.63
Нет	57 (51.8%)	53 (48.2%)	
Да	3 (50%)	3 (50%)	

\* – Критерий хи-квадрат; ОШДМЖП да=0,38, т.е. отношение шансов (ОШ) развития стеноза левой лёгочной артерии в 0,38 раза (62%) ниже для пациентов с дефектом межжелудочковой перегородки по сравнению с теми, у кого дефект межжелудочковой перегородки не выявлен

В соответствии с таблицей 5, пациенты с ДМЖП имели более низкий риск развития стеноза левой лёгочной артерии (отношение шансов (ОШ) 0,039; 95% доверительный интервал (ДИ) 0,16–0,89;  $p < 0,005$ ). В то же время наличие ДМЖП не было связано с риском развития стеноза лёгочной артерии или её правой ветви ( $p > 0,005$ ).

Значимых ассоциаций между наличием стеноза или аневризмы ВОПЖ и развитием стеноза лёгочной артерии, её правой или левой ветвей не обнаружено. Аналогичные результаты получены в отношении наличия или отсутствия деформации лёгочной артерии ( $p > 0,005$ ).

Вероятность развития стеноза лёгочной артерии была достоверно ниже (ОШ 0,44; 95% ДИ 0,21–0,94;  $p < 0,005$ ) у пациентов со стенозом левой, но не правой лёгочной артерии ( $p > 0,005$ ). В то же время у пациентов со стенозом левой лёгочной артерии вероятность развития стеноза правой лёгочной артерии была в 6,5 раза выше (95% ДИ 2,62–16,15;  $p < 0,001$ ) (таблица 6).

Значимой связи между дилатацией правого желудочка или кальцификацией и стенозом кондуита и развитием стеноза лёгочной артерии, её левой или правой ветви не выявлено ( $p > 0,005$ ).

Таблица 6 – Сравнение медицинских характеристик пациентов с наличием и отсутствием стеноза правой лёгочной артерии (n=116)

Переменная	Нет (n=67)	Да (n=49)	p
1	2	3	4
Возраст, мес	26 (29.5)	28.7 (26.8)	0.64
Рост, см	107.8 (28.2)	100 (31.9)	0.19
Масса тела, кг	20 (12)	23.6 (22)	0.26
Площадь поверхности тела	0.75 (0.32)	0.72 (0.29)	0.61
Пол			0.32
Мальчики	50 (72.5%)	19 (27.5%)	
Девочки	30 (63.8%)	17 (36.2%)	
Паллиативная операция			0.55
Нет	64 (70.3%)	27 (29.7%)	
Да	16 (64%)	9 (36%)	
Тип ГФ			0.45
Стеноз ЛА	71 (69.6%)	31 (30.4%)	
Атрезия ЛА	9 (64.3%)	5 (35.7%)	
Тип операции			0.86
Трансаннулярная пластика	47 (70.2%)	20 (29.8%)	
Клапансохраняющая операция	28 (68.3%)	13 (31.7%)	
Кондуит	5 (62.5%)	3 (37.5%)	
Тромбоз шунта			0.69
Нет	79 (68.7%)	36 (31.3%)	
Да	1 (100%)	0	
ДМЖП			0.68
Нет	57 (67.9%)	27 (32.1%)	
Да	23 (71.9%)	9 (28.1%)	
Стеноз выходного отдела правого желудочка			0.52
Нет	74 (68.5%)	34 (31.5%)	
Да	6 (75%)	2 (25%)	

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
Аневризма выходного тракта правого желудочка			0.09
Нет	80 (70.2%)	34 (29.8%)	
Да	0	2 (100%)	
Деформация лёгочной артерии			0.55
Нет	72 (69.2%)	32 (30.8%)	
Да	8 (66.7%)	4 (33.3%)	
Стеноз левой лёгочной артерии			< 0.001
Нет	52 (86.7%)	8 (13.3%)	chi
Да	28 (50%)	28 (50%)	
Расширение правого желудочка			0.62
Нет	73 (68.9%)	33 (31.1%)	
Да	7 (70%)	3 (30%)	
Кальцификация и стеноз кондуита			0.39
Нет	75 (68.2%)	35 (31.8%)	
Да	5 (83.3%)	1 (16.7%)	

Отношение шансов (ОШ) ЛЛА да=6,5, т.е. ОШ развития стеноза правой лёгочной артерии в 6,5 раза (550%) выше у пациентов со стенозом левой лёгочной артерии (ЛЛА) в сравнении с теми, у кого стеноз левой лёгочной артерии не выявлен.

### 3.2 Результаты изучения функциональных особенностей, контрактильной и релаксационной способности миокарда обоих желудочков сердца у детей после радикальной коррекции ТФ с использованием МРТ и программы Strain по гендерным группам

В когорте 69 человек: из них 24 (35%) девочек и 45 (65%) мальчиков. Средний возраст в обеих группах составил 11 лет (таблица 7). Уровень КДО ПЖ заметно различался у девочек (116,8 мл/м<sup>2</sup>) и мальчиков (137,2 мл/м<sup>2</sup>) со значением  $p < 0,001$ . После разделения их было 52 (75%) в группе с КДО ПЖ < 150 мл/м<sup>2</sup> и 17 (25%) в группе с КДО ПЖ  $\geq 150$  мл/м<sup>2</sup>. Индекс КДО ЛЖ также заметно различался у девочек (67,9 мл/м<sup>2</sup>) и мальчиков (75,6 мл/м<sup>2</sup>) с  $p$ -значением 0,036.

Таблица 7 – Характеристика пациентов (n = 69)

Данные	Общее	Девочки (n = 24, 35%)	Мальчики (n = 45, 65%)	p-value
1	2	3	4	5
Возраст	11 ( $\pm 4$ )	11 ( $\pm 2$ )	11 ( $\pm 4$ )	0.868
Градиент давление между правым желудочком и легочной артерией, mmHg	19.7 ( $\pm 13.7$ )	19.5 ( $\pm 13.9$ )	19.9 ( $\pm 13.7$ )	0.913
NTproBNP, pg/ml	186 ( $\pm 196.2$ )	147.6 ( $\pm 84.1$ )	206.5 ( $\pm 233.6$ )	0.238
КДО ПЖ, ml/m <sup>2</sup>	130.1 ( $\pm 24.9$ )	116.8 ( $\pm 26.9$ )	137.2 ( $\pm 20.9$ )	0.001
КДО ЛЖ, n (%)				0.075

1	2	3	4	5
< 150 ml/m <sup>2</sup>	52 (75)	21 (88)	31 (69)	
>= 150 ml/m <sup>2</sup>	17 (25)	3 (12)	14 (31)	
КСО ПЖ, ml/m <sup>2</sup>	68.5 (±60.3)	52.4 (±24.6)	77.1 (±71.3)	0.105
ФВ ПЖ, %	52.5 (±7.4)	54.1 (±8.3)	51.6 (±6.8)	0.181
КДО ЛЖ, ml/m <sup>2</sup>	72.9 (±14.5)	67.9 (±15.7)	75.6 (±13.2)	0.036
КСО ЛЖ, ml/m <sup>2</sup>	28 (±8.3)	26.4 (±6.8)	28.9 (±8.9)	0.234
ФВ ЛЖ, %	62.2 (±5.7)	62.7 (±4.02)	62 (±6.4)	0.654

На рисунке 17 предоставлено детализированное описание возрастных характеристик пациентов на момент прохождения МРТ исследования.

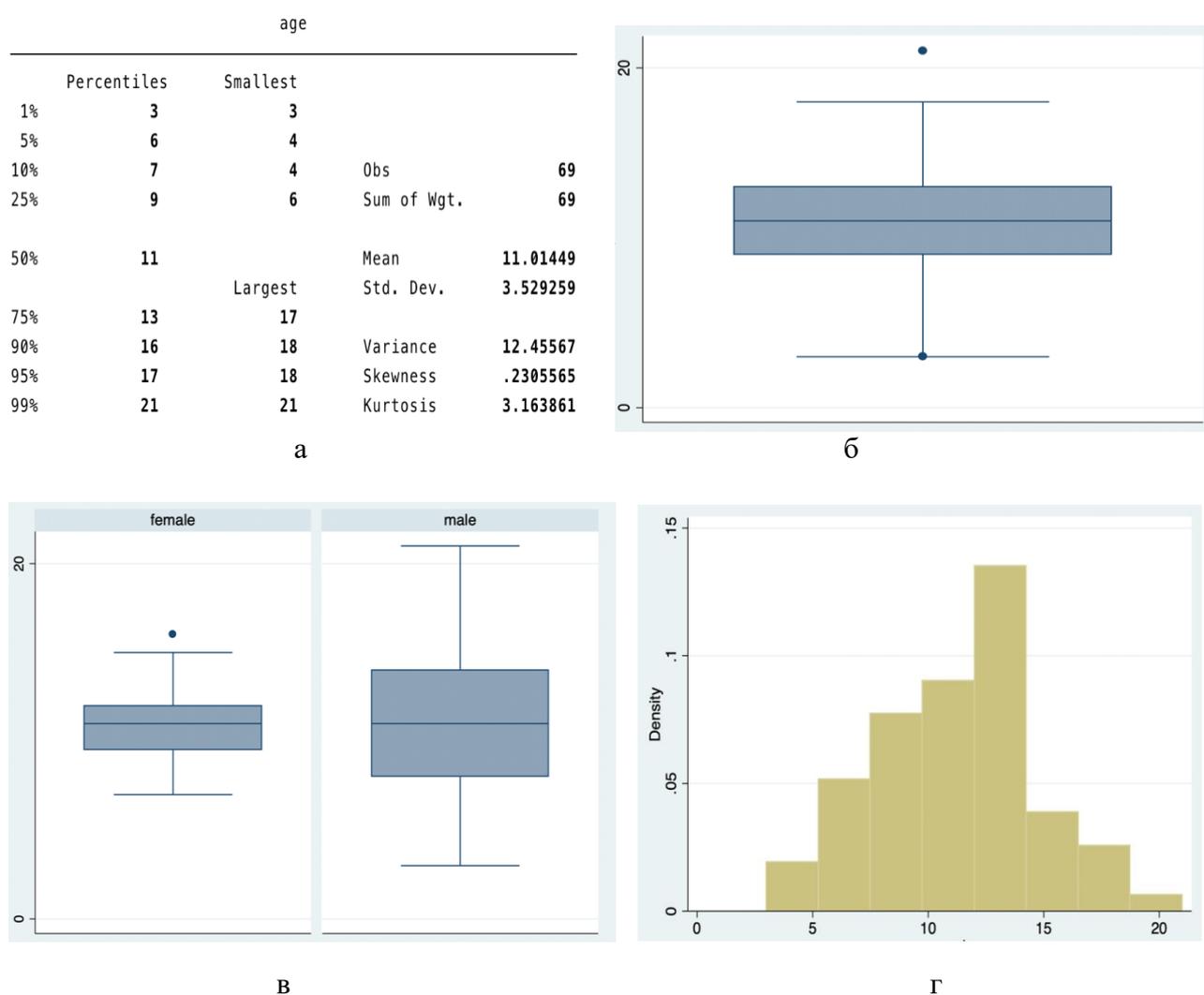


Рисунок 17 – Возраст пациентов на момент прохождения МРТ исследования

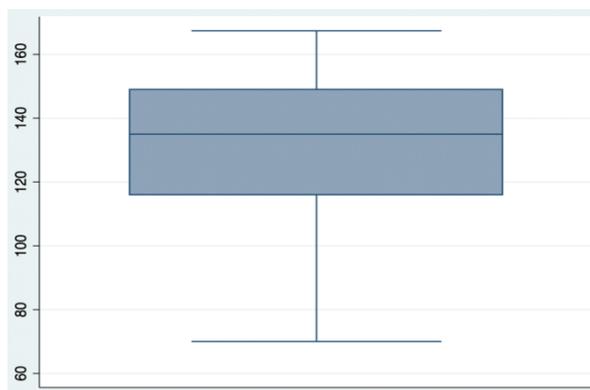
Ка видно из рисунка 17, в выборку вошли 69 пациентов, возраст в среднем составляет 11 лет, стандартное отклонение (Std. Dev.): 3.53 года, что указывает на умеренное рассеяние возрастов вокруг среднего значения. Диаграмма демонстрирует основные характеристики распределения возрастов, включая медиану, квартильные значения и выявленные выбросы. Отдельно представлены



Распределение возрастов имеет выраженную правостороннюю асимметрию, о чем свидетельствует коэффициент асимметрии 1,68, что указывает на преобладание более младших возрастов и небольшое количество пациентов старшего возраста. Кроме того, высокий коэффициент эксцесса (3,17) свидетельствует о более острой вершине распределения по сравнению с нормальным. Полученные результаты указывают на ненормальное распределение возрастов среди пациентов, что требует дальнейшего изучения факторов, влияющих на выявленные возрастные особенности выборки, особенно среди мальчиков, где наблюдаются выбросы.

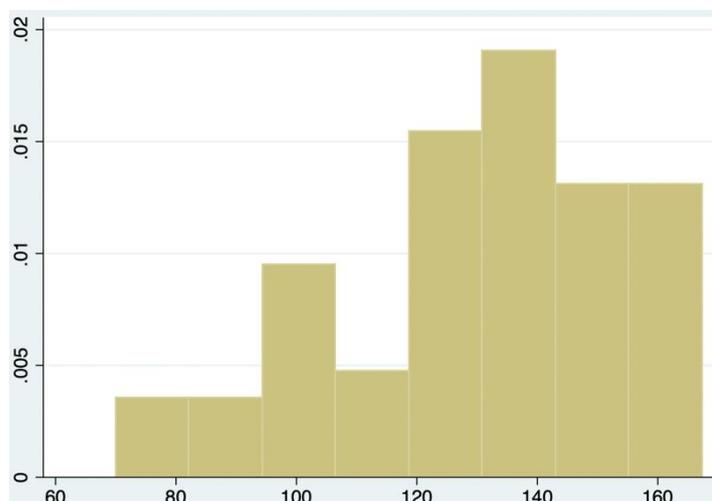
На рисунке 19 показаны данные в виде числовой таблицы, диаграммы размаха и гистограммы.

Percentiles		Smallest		
1%	70	70		
5%	85.4	71		
10%	95	75.7	Obs	69
25%	116	85.4	Sum of Wgt.	69
50%	135		Mean	130.1304
75%	149		Std. Dev.	24.9814
90%	161.2	Largest	Variance	624.0704
95%	165	165	Skewness	-.6333431
99%	167.4	167.4	Kurtosis	2.607046



а

б



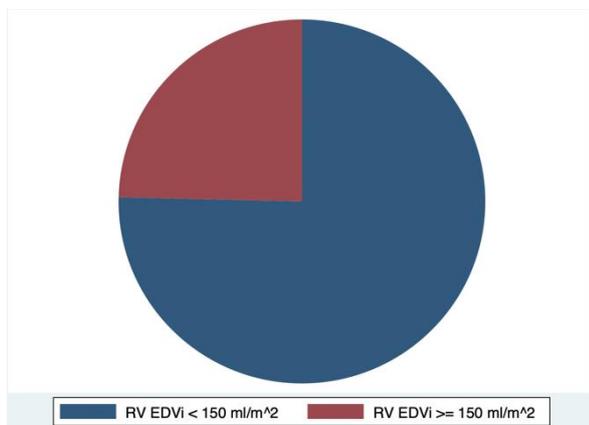
в

Рисунок 19 – Средние значения конечно-диастолического объёма правого желудочка (RV EDVi (ml/m<sup>2</sup>))

В соответствии с рисунком 19, где данные представлены в виде числовой таблицы, диаграммы размаха и гистограммы: Среднее значение (Mean): 130.13 ml/m<sup>2</sup>; Стандартное отклонение (Std. Dev.): 24.98 ml/m<sup>2</sup>; Дисперсия (Variance): 624.87 ml/m<sup>2</sup>.

Гистограмма отображает частотное распределение значений RV EDV. На графике видно, что значения варьируются в пределах от 70 до 167.4 ml/m<sup>2</sup>), с пиками в районе 130-150 ml/m<sup>2</sup>).

Ниже на рисунке 20 представлено долевое распределение пациентов по уровню КДО ПЖ



КДО ПЖ < 150 ml/m<sup>2</sup>: 52 (75%); КДО ПЖ ≥ 150 ml/m<sup>2</sup>: 17 (25%)

Рисунок 20 – Долевое распределение пациентов КДО ПЖ

Описание продольной и окружной деформаций левого желудочка приведено в таблице 8.

Таблица 8 – Деформация левого желудочка (n = 69)

Переменная	Общее	девочки (n = 24, 35%)	Мальчики (n = 45, 65%)	p-value
1	2	3	4	5
Peak GCS LV	-21 (±3)	-21.4 (±4.3)	-20.8 (±2.4)	0.467
GLS LV	-14.3 (±3.6)	-14.4 (±3.9)	-14.2 (±3.4)	0.885
Окружная деформация по сегментам				
Basal	-20.5 (±2.7)	-21.4 (±3.4)	-19.9 (±2.1)	0.027
Mid	-20.2 (±3.2)	-21 (±4.02)	-19.8 (±2.6)	0.125
Apical	-22.5 (±5.1)	-21.8 (±6.3)	-22.8 (±4.2)	0.426
Basal anterior	-24.4 (±7.1)	-23.9 (±7.7)	-24.7 (±6.8)	0.649
Basal anteroseptal	-21.6 (±7.1)	-23.5 (±6.2)	-20.6 (7.4)	0.104
Basal inferoseptal	-22.7 (±6.8)	-20.7 (±8.2)	-23.8 (±5.7)	0.069
Basal inferior	-10.1 (±5.7)	-13.6 (±6.5)	-8.2 (±4.3)	<0.001
Basal inferolateral	-20.6 (±4.6)	-21.1 (±5.9)	-20.3 (±3.6)	0.449
Basal anterolateral	-23.7 (±5.2)	-26.2 (±6.7)	-22.3 (±3.7)	0.002
Mid anterior	-20.5 (±6.9)	-21.2 (±8.1)	-20.1 (±6.2)	0.533
Mid anteroseptal	-25.9 (±5.7)	-26.6 (±6.3)	-25.5 (±5.5)	0.447
Mid inferoseptal	-24.3 (±5.4)	-23.7 (±6.3)	-24.7 (±4.8)	0.486
Mid inferior	-8.2 (±5.2)	-9.6 (±5.9)	-7.4 (±4.7)	0.104
Mid inferolateral	-22.1 (±4.9)	-22.5 (±6.2)	-21.9 (±4.2)	0.638

Mid anterolateral	-20.3 ( $\pm$ 5.3)	-22.7 ( $\pm$ 6.1)	-19.1 ( $\pm$ 4.4)	0.006
Apical anterior	-19.2 ( $\pm$ 6.6)	-18.5 ( $\pm$ 7.4)	-19.6 ( $\pm$ 6.2)	0.508
Apical septal	-30.5 ( $\pm$ 6.3)	-29.4 ( $\pm$ 8.5)	-31.1 ( $\pm$ 4.8)	0.269
Apical inferior	-15.3 ( $\pm$ 6.8)	-13.8 ( $\pm$ 8.8)	-16.1 ( $\pm$ 5.5)	0.203
Apical lateral	-24.9 ( $\pm$ 6.4)	-25.8 ( $\pm$ 6.6)	-24.6 (6.3)	0.457

Продольная деформация по сегментам

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5
Basal inferoseptal	-18.3 ( $\pm$ 8.6)	-20.5 ( $\pm$ 10.7)	-17.8 ( $\pm$ 7.1)	0.124
Basal anterolateral	-21.1 ( $\pm$ 8)	-23.6 ( $\pm$ 9.7)	-19.8 ( $\pm$ 6.7)	0.056
Mid inferoseptal	-14.4 ( $\pm$ 8.4)	-14.9 ( $\pm$ 9.6)	-14.2 ( $\pm$ 7.8)	0.752
Mid anterolateral	-16.8 ( $\pm$ 7.5)	-21.4 ( $\pm$ 8.6)	-14.3 ( $\pm$ 5.5)	<0.001
Apical septal	-17.5 ( $\pm$ 7.3)	-13.9 ( $\pm$ 6.8)	-19.4 ( $\pm$ 6.9)	0.002
Apical lateral	-13.3 ( $\pm$ 5.7)	-13.3 ( $\pm$ 6.1)	-13.2 ( $\pm$ 5.5)	0.934
Apex	-2.9 ( $\pm$ 7.6)	-1.4 ( $\pm$ 8.5)	-5.2 ( $\pm$ 6.1)	<0.001

Средняя пиковая глобальная окружная деформация левого желудочка (GCS LV) составила -21, тогда как глобальная продольная деформация левого желудочка (GLS LV) составила -14,3 в когорте. Заметная разница окружной деформации заключалась в базальном нижнем сегменте левого желудочка между мальчиками и девочками -13,6 и -8,2 соответственно ( $p < 0,001$ ). Окружная деформация в среднем переднелатеральном сегменте составила -22,7 для женщин и -19,1 для мужчин ( $p = 0,006$ ). Более того, продольная деформация в среднем переднелатеральном сегменте левого желудочка также показало заметную разницу для мужчин и женщин -14,3 и -21,4 соответственно ( $p < 0,001$ ). Наибольший значительный контраст в линиях между полами наблюдался в продольном сегменте.

Описание деформации правого желудочка приведено в таблице 9.

Таблица 9 – Деформация правого желудочка (n = 69)

Переменные	Общее	Девочки (n = 24, 35%)	Мальчики (n = 45, 65%)	p-value
GCS RV	-17 ( $\pm$ 3.8)	-18.3 ( $\pm$ 4.7)	-16.4 ( $\pm$ 3.1)	0.039
GLS RV	-17.6 ( $\pm$ 3.4)	-17.7 ( $\pm$ 3.5)	-17.5 ( $\pm$ 3.3)	0.871
Окружная деформация по сегментам				
Lateral	-18.2 ( $\pm$ 3.9)	-19.1 ( $\pm$ 4.9)	-17.6 ( $\pm$ 3.2)	0.107
Septum	-17.6 ( $\pm$ 3.9)	-18.8 ( $\pm$ 4.6)	-16.9 ( $\pm$ 3.4)	0.055
Продольная деформация по сегментам				
Lateral	-20.4 ( $\pm$ 3.6)	-20.4 ( $\pm$ 3.6)	-20.4 ( $\pm$ 3.7)	0.921
Septum	-15.6 ( $\pm$ 3.5)	-15.5 ( $\pm$ 4.1)	-15.6 ( $\pm$ 3.2)	0.908

Средняя пиковая глобальная окружная деформация правого желудочка составила -17, тогда как глобальная продольная деформация правого желудочка

составила -17,6 в когорте. Наблюдалась статистически значимая разница в пиковом значении RV по GCS между мужчинами и женщинами ( $p=0,039$ ). Окружная деформация в боковом сегменте составила -18,2, продольная деформация -20,4 для когорты. Что касается окружной деформации перегородочного сегмента, анализ показывает пограничную значительную разницу между женщинами (-18,8) и мужчинами (-16,9) со значением  $p 0,055$ .

### 3.3 Сравнительный анализ ассоциации функциональных данных, значениями Strain с конечно-диастолическим объемом правого желудочка

Связь между основными характеристиками пациентов и группами с уровнем КДО ПЖ представлена в таблице 10. Хотя статистический тест не выявил значительной разницы в соотношении мужчин и женщин в группах, в группе с КДО ПЖ  $\geq 150$  мл/м<sup>2</sup> было заметно меньше женщин (3, 18%) по сравнению с мужчинами (14, 82%). Конечный систолический объем правого желудочка был примерно в два раза ниже в группе с КДО ПЖ  $<150$  мл/м<sup>2</sup> по сравнению со второй группой - 56,9 мл/м<sup>2</sup> и 103,9 мл/м<sup>2</sup> соответственно, причем разница была достоверной ( $p<0,001$ ).

Таблица 10 – Связь между основными характеристиками пациентов и уровнем КДО ПЖ

Данные	КДО ПЖ $< 150$ мл/м <sup>2</sup> (n = 52, 75%)	КДО ПЖ $\geq 150$ мл/м <sup>2</sup> (n = 17, 25%)	p-value
Возраст.	11 ( $\pm 3$ )	10 ( $\pm 4$ )	0.518
Пол, n (%)			0.075
Девочки	21 (40)	3 (18)	
Мальчики	31 (50)	14 (82)	
ПЖ/ЛА PG, mmHg	18.5 ( $\pm 12.5$ )	23.5 ( $\pm 16.6$ )	0.379
NTproBNP, pg/ml	174.1 ( $\pm 195.2$ )	222.7 ( $\pm 200.7$ )	0.201
КСО ПЖ ml/m <sup>2</sup>	56.9 ( $\pm 19.1$ )	103.9 ( $\pm 111.9$ )	<b>&lt;0.001</b>
Фракция выброса ПЖ, %	52.5 ( $\pm 7.5$ )	52.2 ( $\pm 7.4$ )	0.839
КДО ЛЖ ml/m <sup>2</sup>	72.1 ( $\pm 16.1$ )	75.3 ( $\pm 7.7$ )	0.129
КСО ЛЖ ml/m <sup>2</sup>	27.9 ( $\pm 8.9$ )	28.1 ( $\pm 5.9$ )	0.626
Фракция выброса ЛВ %	62.1 ( $\pm 5.5$ )	62.5 ( $\pm 6.2$ )	0.829

Из таблицы 10 можно сделать вывод, что пациенты с меньшим КДО правого желудочка имеют также меньший КСО, что может иметь клиническое значение в оценке и управлении функцией правого желудочка в различных патологических состояниях.

Связь между деформацией левого желудочка и группами уровня КДО ПЖ представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Связь между деформацией левого желудочка и уровнем КДО ПЖ

Characteristic	КДО ПЖ < 150 ml/m <sup>2</sup> (n = 52, 75%)	КДО ПЖ ≥ 150 ml/m <sup>2</sup> (n = 17, 25%)	p-value
1	2	3	4
Peak GCS LV	-21.2 (±3.5)	-20.6 (±1.5)	0.326
GLS LV	-14.1 (±3.5)	-14.9 (±3.7)	0.531
Окружная деформация			
Basal	-20.7 (±2.9)	-19.8 (±1.6)	0.159
Mid	-20.5 (±3.5)	-19.4 (±1.8)	0.101
Apical	-22.4 (±5.5)	-22.6 (±3.5)	0.967
Basal anterior	-24.2 (±7.7)	-25.1 (±4.8)	0.411
Basal anteroseptal	-23.2 (±5.8)	-16.7 (±8.4)	<b>0.003</b>
Basal inferoseptal	-22.1 (±6.8)	-24.8 (±6.3)	0.101
Basal inferior	-10.8 (±5.2)	-7.8 (±6.8)	<b>0.014</b>
Basal inferolateral	-20.4 (±4.7)	-21.2 (±4.2)	0.384
Basal anterolateral	-23.6 (±5.8)	-23.8 (±2.9)	0.733
Mid anterior	-20.6 (±7.2)	-20.1 (±5.9)	0.950
Mid anteroseptal	-26.6 (±5.4)	-23.5 (±6.2)	0.144
Mid inferoseptal	-24.6 (±5.4)	-23.5 (±5.1)	0.671
Mid inferior	-8.7 (±5.4)	-6.6 (±4.3)	0.139
Mid inferolateral	-22.1 (±5.3)	-22.3 (±3.9)	0.734
Mid anterolateral	-20.3 (±5.4)	-20.3 (±5.4)	0.906
Apical anterior	-19.3 (±7.1)	-18.7 (±5.1)	0.686
Apical septal	-30.4 (±6.7)	-30.9 (±5.3)	0.797
Apical inferior	-15.5 (±7.2)	-14.8 (±5.5)	0.587
Apical lateral	-24.6 (±6.6)	-26.1 (±5.8)	0.256
Продольная деформация			
Basal inferoseptal	-17.7 (±8.1)	-20.4 (±9.8)	0.407
Basal anterolateral	-21.2 (±8.3)	-20.7 (±7.2)	0.972
Mid inferoseptal	-13.7 (±8.1)	-16.6 (±9.2)	0.268
Mid anterolateral	-16.9 (±7.9)	-16.1 (±6.1)	0.901
Apical septal	-17.4 (±8.1)	-17.6 (±4.8)	0.873
Apical lateral	-12.7 (±5.5)	-14.8 (±6.2)	0.228
Apex	-2.79 (±7.8)	-3.31 (±7.1)	0.895

Окружная деформация в базальном передне-перегородочном сегменте левого желудочка имела статистически значимую разницу между группами -23,2 и -16,7 (p=0,003). Еще одним заметным изменением между группами была окружная деформация в базально-нижнем сегменте левого желудочка -10,8 и -7,8 (p=0,014).

Значения сегментарной деформаций по группам КДО ПЖ представлены на рисунках 20, 21 для лучшей визуализации.

Существует общая тенденция, согласно которой абсолютные значения сегментарных окружных деформаций в группе с КДО ПЖ ≥ 150 мл/м<sup>2</sup> выше, чем в группе с КДО ПЖ < 150 мл/м<sup>2</sup> (рисунок 21). Однако базальная нижне-

латеральная деформация окружной деформации левого желудочка показывает обратное.

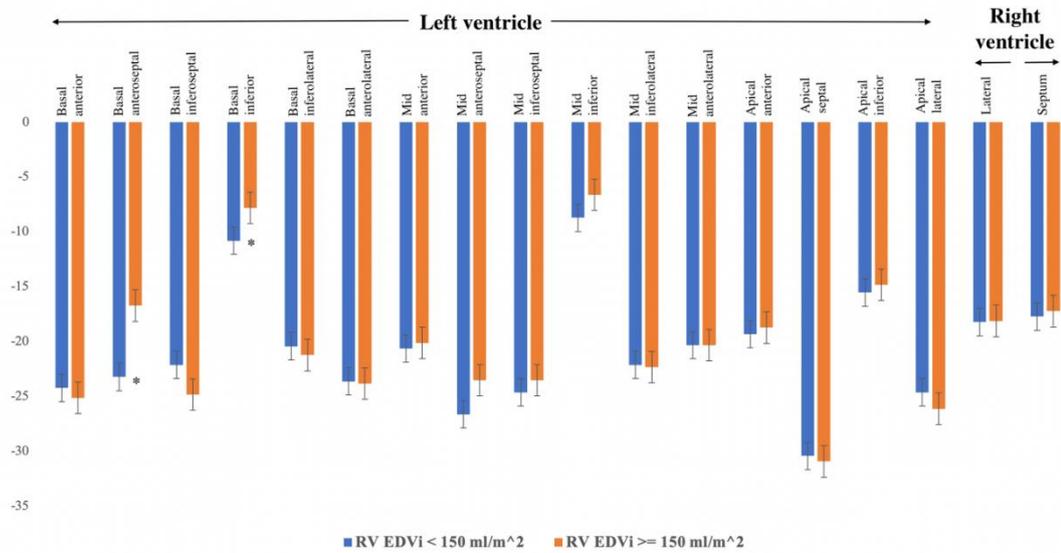


Рисунок 21 – Окружная деформация обоих желудочков

Что касается сегментных продольных деформаций, то между группами нет определенной закономерности (рисунок 22).

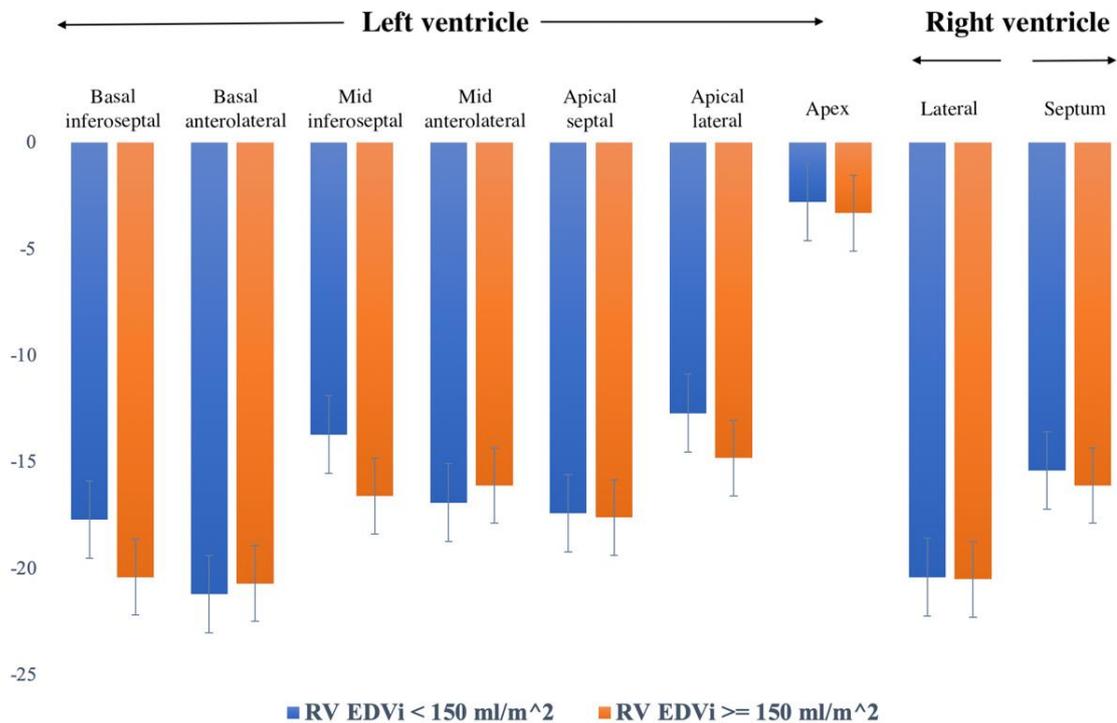


Рисунок 22 – Продольная деформация обоих желудочков

Связь между деформацией правого желудочка и группами КДО ПЖ представлена в таблице 12. Существенных различий между группами не было.

Таблица 12 – Связь между напряжением правого желудочка и уровнем КДО ПЖ

Данные	КДО ПЖ < 150 ml/m <sup>2</sup> (n = 52, 75%)	КДО ПЖ ≥ 150 ml/m <sup>2</sup> (n = 17, 25%)	p-value
GCS RV	-17.1 (±3.8)	-16.9 (±3.9)	0.728
GLS RV	-17.5 (±3.2)	-17.9 (±3.9)	0.268
Окружная деформация			
Lateral	-18.2 (±3.9)	-18.1 (±4.1)	0.722
Septum	-17.7 (±4.1)	-17.2 (±3.7)	0.813
Продольная деформация			
Lateral	-20.4 (±3.5)	-20.5 (±4.1)	0.728
Septum	-15.4 (±3.2)	-16.1 (±4.3)	0.573

Как видим из таблицы 12 связи между напряжением правого желудочка и уровнем КДО ПЖ нет..

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хирургическое лечение тетрады Фалло направлено на устранение стеноза выводного отдела правого желудочка и закрытие дефекта межжелудочковой перегородки. При наличии выраженной гипоплазии кольца клапана легочной артерии требуется выполнение массивной инфундибулэктомии и трансаннулярной пластики, которая приводит к развитию множественных осложнений в том числе и выраженной легочной регургитации [7, с. 6-16]. Эффективным методом лечения легочной недостаточности у пациентов после радикальной коррекции тетрады Фалло является своевременная замена клапана легочной артерии с помощью биопротеза или кондуита, что приводит к ремоделированию и улучшению функции правого желудочка сердца [14, р. 545-550; 15, р. 1005-1013]. Однако оптимальное время для замены клапана у бессимптомных пациентов точно не известно и является обсуждаемым вопросом [14, р. 545-550; 17, р. 1015-1016; 18, р. 122-131; 19, р. 1557-1561; 20, р. 593-598].

В нашем исследовании мы выявили наиболее часто встречающиеся осложнения после радикальной коррекции тетрады Фалло с использованием компьютерной томографии и провели анализ. Также была использована новая программа для определения деформации миокарда (MPT Strain) при принятии решения о необходимости замены клапана легочной артерии.

На основании результатов нашего исследования можно уверенно заключить, что использование радиологических методов, включая компьютерную томографию и MPT с оценкой деформации миокарда (MPT Strain), играет критическую роль в комплексной диагностике и последующем выборе стратегии лечения у пациентов, перенесших радикальную коррекцию тетрады Фалло.

MPT «Strain» дополнительно позволяет оценить деформацию миокарда, что является важным фактором при принятии решения о необходимости замены клапана легочной артерии. Этот метод помогает выявить даже небольшие изменения в функции левого желудочка сердца, что имеет важное значение для планирования долгосрочного улучшения сердечной функции у пациентов после оперативного вмешательства.

Таким образом, наше исследование подчеркивает важность интеграции современных радиологических технологий в клиническую практику для улучшения диагностики, прогнозирования и оптимизации стратегий лечения пациентов с тетрадой Фалло.

На основании результатов мультиспиральной компьютерной томографии, наиболее частыми осложнениями, выявленными у пациентов после радикальной коррекции тетрады Фалло, являются стеноз легочной артерии и её ветвей. Эти структурные изменения могут серьезно ограничивать кровоток в легочной системе, что потенциально увеличивает риск для функции сердца и общего здоровья пациентов. Такие выводы подчеркивают важность регулярного

мониторинга и своевременного вмешательства для предотвращения осложнений.

При анализе данных нашего исследования не было выявлено статистически значимых различий в возрасте пациентов, антропометрических параметрах (таких как рост, вес, площадь поверхности тела) и гендерном распределении между группами с различными типами стеноза легочной артерии (правой или левой). Также не было обнаружено значимых различий по типу тетрады Фалло, наличию тромбоза шунта, выполнению паллиативной операции или специфике хирургического вмешательства ( $p > 0,05$ ).

Отсутствие значимых различий в антропометрических данных и факторах истории болезни между группами подчеркивает необходимость углубленного анализа других клинических и биомедицинских параметров, которые могут влиять на результаты лечения и прогноз у пациентов с данной сложной врожденной патологией.

Из представленных данных диссертационного исследования следует, что у пациентов с стенозом левой лёгочной артерии вероятность развития стеноза правой лёгочной артерии была в 6,5 раза выше по сравнению с пациентами без такого стеноза ( $p < 0,001$ ). Это указывает на статистически значимую ассоциацию между стенозом левой лёгочной артерии и повышенным риском стеноза правой лёгочной артерии. У пациентов со стенозом левой, но не правой лёгочной артерии, вероятность развития стеноза лёгочной артерии была значительно ниже (Отношение шансов – ОШ 0,44; 95% доверительный интервал от 0,21 до 0,94;  $p < 0,005$ ) по сравнению с другими группами.

Пациенты с дефектом межжелудочковой перегородки демонстрируют статистически значимо более низкий риск развития стеноза левой лёгочной артерии (ОШ 0,039; 95% доверительный интервал 0,16–0,89;  $p < 0,005$ ). Однако отсутствует связь между наличием ДМЖП и риском развития стеноза правой ветви лёгочной артерии или самой лёгочной артерии в целом ( $p > 0,005$ ). Не было также обнаружено статистически значимых ассоциаций между наличием стеноза или аневризмы выводного отдела правого желудочка и развитием стеноза лёгочной артерии её ветвей. Подобные результаты были получены и в отношении деформации лёгочной артерии ( $p > 0,005$ ).

Значимой связи между дилатацией правого желудочка или кальцификацией и стенозом кондуита и развитием стеноза лёгочной артерии, её левой или правой ветви не выявлено ( $p > 0,005$ ).

Таким образом, мультиспиральная компьютерная томография – исключительно полезный метод визуализации для оценки нормальных и аномальных результатов после хирургической коррекции тетрады Фалло благодаря широкой доступности и высокому пространственно-временному разрешению получаемых изображений. Мультиспиральная компьютерная томография всё чаще используется для оценки пациентов с тетрадой Фалло, так как позволяет достоверно и точно оценить сложную анатомию и сопутствующие аномалии у пациентов, не подвергавшихся коррекции тетрады Фалло, а также определиться с хирургической тактикой и необходимым типом операции.

Помимо этого, компьютерная томография дала нам возможность в полной мере понять и оценить поздние последствия хирургического вмешательства, послеоперационные осложнения и остаточные поражения. Именно поэтому в настоящее время крайне важно проводить регулярное наблюдение за пациентами, перенёвшими коррекцию ТФ, для оценки наличия остаточных явлений и послеоперационных осложнений с целью их своевременного и эффективного лечения.

Результаты исследования сердечной функции у детей выявили значительные гендерные различия в морфофункциональных параметрах. В частности, конечный диастолический объем правого желудочка у мальчиков был значительно выше, составив  $137,2 \text{ мл/м}^2$ , по сравнению с  $116,8 \text{ мл/м}^2$  у девочек ( $p=0,001$ ). Аналогичные различия были отмечены и для конечно-диастолического объема левого желудочка: у мальчиков он составил  $75,6 \text{ мл/м}^2$ , у девочек –  $67,9 \text{ мл/м}^2$  ( $p=0,036$ ). В подгруппе детей с конечно-диастолическим объемом правого желудочка  $\geq 150 \text{ мл/м}^2$  доля мальчиков оказалась значительно выше, составив 82%, по сравнению с 18% у девочек. Это наблюдение может свидетельствовать о гендерной предрасположенности к более высоким объемам правого желудочка у мальчиков в раннем возрасте. Анализ циркулярной деформации левого желудочка показал значительные различия между полами. В базальном нижнем сегменте циркулярная деформация оказалась более выраженной у девочек (-13,6) по сравнению с мальчиками (-8,2,  $p<0,001$ ). Аналогичные различия отмечены и в среднем переднелатеральном сегменте, где у девочек циркулярная деформация составила -22,7, а у мальчиков -19,1 ( $p=0,006$ ). Продольная деформация в этом сегменте также оказалась значительно выше у девочек (-21,4), чем у мальчиков (-14,3,  $p<0,001$ ). Кроме того, статистически значимые различия выявлены в пиковом значении глобальной циркулярной деформации правого желудочка между мальчиками и девочками ( $p=0,039$ ). Эти результаты подчеркивают важность учета гендерных особенностей при оценке сердечной функции у детей и могут иметь значимое клиническое значение для ранней диагностики и индивидуализированного подхода к лечению сердечно-сосудистых заболеваний. Исследования необходимы для глубокого анализа биологических и генетических механизмов, определяющих эти различия, с целью разработки персонализированных подходов к диагностике и терапии сердечно-сосудистых заболеваний у детей.

При сравнении основных характеристик пациентов с различными уровнями КДО ПЖ, выявлено, что КСО ПЖ был в два раза меньше в группе с КДО ПЖ  $< 150 \text{ мл/м}^2$  по сравнению с группой КДО ПЖ  $\geq 150 \text{ мл/м}^2$ , составляя  $56,9 \text{ мл/м}^2$  и  $103,9 \text{ мл/м}^2$  соответственно, и этот разрыв был статистически значимым ( $p<0,001$ ).

В ходе исследования были обнаружены значимые различия окружной деформации левого желудочка в базальном передне-перегородочном сегменте между группами пациентов с различным диастолическим объемом правого желудочка. Средние значения деформации составили -23,2 для группы с более высоким объемом и -16,7 для группы с менее высоким объемом, что

статистически значимо ( $p=0.003$ ). Также отмечается заметная разница в базальном нижнем сегменте между этими группами: -10.8 и -7.8 соответственно ( $p=0.014$ ). Полученные данные являются важным вкладом в понимание влияния объема правого желудочка на деформационные характеристики левого желудочка и могут быть полезны при клиническом анализе состояния сердечно-сосудистой системы. Исследование, направленное на выявление связи между деформациями правого желудочка и группами, разделёнными по КДО ПЖ, не обнаружило статистически значимых различий в деформациях между этими группами.

На данное исследование зарегистрированы авторские права для выявления осложнений после радикальной коррекции Тетрады Фалло (Приложение А) и так же внедрена данная методика в клиники города и Республики (Приложение Б).

Разработан алгоритм диагностики пациентов после радикальной коррекции Тетрады Фалло, который начинается с того, что пациента направляют на первичное клиническое обследование, включающее электрокардиографию (ЭКГ), рентгенографию и эхокардиографию (ЭхоКГ). Далее проводится оценка на наличие признаков гемодинамических нарушений. В случае их выявления пациенту показано проведение МСКТ или ангиографии, с возможностью дальнейшего выполнения открытой операции, если это необходимо. Если признаки гемодинамических нарушений отсутствуют, пациента направляют на МРТ, МРТ «Strain» для более точной оценки состояния сердца. Эти исследования позволяют определить фракцию выброса и конечный диастолический объем (КДО) правого желудочка. Если КДО составляет менее 160 мл, а «Strain» – более 20%, ведется наблюдение пациента. Если КДО составляет более 160 мл, а «Strain» – более 20%, назначается консервативная терапия. В случае, когда КДО меньше 160 мл, а «Strain» менее 20%, показана катетеризация. Если же КДО более 160 мл и «Strain» ниже 20%, пациент направляется на ангиографию или открытую операцию. Этот алгоритм обеспечивает систематический подход к обследованию и лечению пациентов, позволяя учитывать возможные осложнения и индивидуальные гемодинамические параметры.

На основании проведенного исследования сделаны следующие **выводы**:

1. При помощи компьютерно-томографической ангиографии сердца выявлено, что наиболее частыми осложнениями у пациентов детского возраста после радикальной коррекции тетрады Фалло, были стеноз легочной артерии и ее ветвей (79,3%).

2. В группах с различными типами стеноза легочной артерии статистически значимых различий по возрасту, антропометрическим показателям (рост, вес, площадь поверхности тела) и половому составу не выявлено, также не найдена корреляционная связь по типу тетрады Фалло, наличию тромбоза шунта, факту проведения паллиативной операции и особенностям хирургического вмешательства ( $p > 0,05$ ).

3. Выявлено, что наличие стеноза правой лёгочной артерии повышает вероятность развития стеноза левой лёгочной артерии в 6,5 раза (ОШ=6,5,

$p < 0,001$ ).

4. Обнаружены гендерные различия в функциональных параметрах: конечный диастолический объем правого и левого желудочков у мальчиков был достоверно выше девочек ( $p=0,001$ ,  $p=0,036$ ).

5. Обнаружены гендерные различия контрактильной и релаксационной способности миокарда обоих желудочков сердца у детей после радикальной коррекции ТФ с использованием программы МРТ «Strain»: в базальном нижнем сегменте циркулярная деформация оказалась более выраженной у девочек ( $p < 0,001$ ), также различия отмечены и в среднем переднелатеральном сегменте ( $p=0,006$ ); продольная деформация в этом сегменте оказалась значительно выше у девочек, чем у мальчиков ( $p < 0,001$ ), статистически значимые различия выявлены в пиковом значении глобальной циркулярной деформации правого желудочка между мальчиками и девочками ( $p=0,039$ ).

6. Окружная деформация в базальном передне-перегородочном, базально-нижнем сегментах левого желудочка, измеряемая по программе МРТ «Strain», имела статистически значимую разницу между группами, таким образом коррелирует с конечно-диастолическим объемом правого желудочка и может быть использована в качестве показателя, используемого для показания к операции ( $p < 0,003$  и  $p < 0,014$ ).

7. Отмечено статистически значимая связь между конечным систолическим объемом правого желудочка и конечным диастолическим объемом правого желудочка ( $p < 0,001$ ), что показывают высокую эффективность использования программы МРТ «Strain» в диагностике контрактильной и релаксационной способности миокарда обоих желудочков - дополнительного предиктора к выполнению замены клапана легочной артерии.

#### *Практические рекомендации:*

1. Внедрение результатов исследования будут иметь большое практическое значение при проведении амбулаторном скрининге доклинической правожелудочковой недостаточности для комплексного планирования оперативного лечения.

2. Внедрение метода МРТ «Strain» с целью широкого использования в практическом здравоохранении позволит увеличить доступность и улучшить спектр диагностических исследований в РК для оказания своевременного и рационального лечения пациентов после радикальной коррекции тетрады Фалло.

3. Разработанный алгоритм диагностики позволяет обеспечить систематический подход к обследованию и лечению пациентов после радикальной коррекции тетрады Фалло и учитывать возможные осложнения и индивидуальные гемодинамические параметры.

4. Выявленные пороговые значения дополнительных параметров по программе МРТ «Strain», могут служить в качестве показаний к выполнению замены клапана легочной артерии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Siripornpitak S., Goo H.W. CT and MRI for Repaired Complex Adult // *Congenital Heart Diseases*. - 2021. - Vol. 22, Issue 3. - P. 308-323.
- 2 Бодыкрма Г.Ж., Балмагамбетова Г.Н. и др. Ретроспективный анализ историй родов и историй новорожденных с ВПР, ВПС // *Вестник КазНМУ*. - 2019. - №3. - С. 9-11.
- 3 Gatzoulis M.A. et al. Risk factors for arrhythmia and sudden cardiac death late after repair of tetralogy of Fallot: A multicentre study // *Lancet*. Elsevier Limited. - 2000. - Vol. 356, Issue 9234. - P. 975-981.
- 4 Hsu D.T. Chronic heart failure in congenital heart disease // In book: *Pediatric Heart Failure*. - London, 2005. - P. 567-588.
- 5 van der Ven J.P.G. et al. Current outcomes and treatment of tetralogy of fallot // *F1000Research*. - 2019. - Vol. 8. - P. F1000-1-F1000-15.
- 6 Karamlou T. et al. Surgery Insight: Late complications following repair of tetralogy of Fallot and related surgical strategies for management // *Nat. Clin. Pract. Cardiovasc. Med*. - 2006. - Vol. 3, Issue 11. - P. 611-622.
- 7 Кулябин Ю.Ю. и др. Параметры гемодинамики и функция правого желудочка после радикальной коррекции тетрады Фалло // *Пермский медицинский журнал*. - 2016. - Т. 33, №3. - С. 6-17.
- 8 Bove T. et al. Functional analysis of the anatomical right ventricular components: should assessment of right ventricular function after repair of tetralogy of Fallot be refined? // *Eur. J. Cardiot. Surg*. - 2014. - Vol. 45, Issue 2. - P. e6-e12.
- 9 Kim Y.Y., Ruckdeschel E. Approach to residual pulmonary valve dysfunction in adults with repaired tetralogy of Fallot // *Heart. BMJ*. - 2016. - Vol. 102, Issue 19. - P. 1520-1526.
- 10 Singh G.K. et al. Right ventricular function and exercise performance late after primary repair of tetralogy of Fallot with the transannular patch in infancy. // *Am. J. Cardiol*. - 1998. - Vol. 81, Issue 11. - P. 1378-1382.
- 11 Schamberger M.S., Hurwitz R.A. Course of right and left ventricular function in patients with pulmonary insufficiency after repair of Tetralogy of Fallot // *Pediatr. Cardiol*. - 2000. - Vol. 21, Issue 3. - P. 244-248.
- 12 Kondo C., Nakazawa M. et al. Left Ventricular Dysfunction on Exercise Long Term After Total Repair of Tetralogy of Fallot // *Circulation*. - 1995. - Vol. 92, Issue 9. - P. 250-255.
- 13 Alipour Symakani R.S. et al. The right ventricle in tetralogy of Fallot: adaptation to sequential loading // *Front. Pediatr*. - 2023. - Vol. 11. - P. 1-16.
- 14 Oosterhof T. et al. Preoperative Thresholds for Pulmonary Valve Replacement in Patients With Corrected Tetralogy of Fallot Using Cardiovascular Magnetic Resonance // *Circulation*. - 2007. - Vol. 116, Issue 5. - P. 545-551.
- 15 Lee C. et al. Outcomes of pulmonary valve replacement in 170 patients with chronic pulmonary regurgitation after relief of right ventricular outflow tract obstruction: implications for optimal timing of pulmonary valve replacement // *J Am Coll Cardiol*. - 2012. - Vol. 60, Issue 11. - P. 1005-1014.

16 Villafañe J. et al. Hot topics in tetralogy of fallot // Journal of the American College of Cardiology. - 2013. - Vol. 62, Issue 23. - P. 2155-2166.

17 Holmes K.W. Timing of pulmonary valve replacement in tetralogy of Fallot using cardiac magnetic resonance imaging: an evolving process // J Am Coll Cardiol. - 2012. - Vol. 60, Issue 11. - P. 1015-1017.

18 Balzer D. Pulmonary Valve Replacement for Tetralogy of Fallot // Methodist Debaque Cardiovasc J. - 2019. - Vol. 15, Issue 2. - P. 122-132.

19 Toro K.D. et al. Right ventricular global longitudinal strain in repaired tetralogy of Fallot // Echocardiography. - 2016. - Vol. 33, Issue 10. - P. 1557-1562.

20 Murphy J.G., Gersh B.J. et al. Long-Term Outcome in Patients Undergoing Surgical Repair of Tetralogy of Fallot // N. Engl. J. Med. - 1993. - Vol. 329, Issue 9. - P. 593-599.

21 Rudski L.G. et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. - 2010. - Vol. 23, Issue 7. - P. 685-713.

22 Anavekar N.S. et al. Two-dimensional assessment of right ventricular function: An echocardiographic-MRI correlative study // Echocardiography. - 2007. - Vol. 24, Issue 5. - P. 452-456.

23 Eidem B.W. et al. Nongeometric quantitative assessment of right and left ventricular function: Myocardial performance index in normal children and patients with Ebstein anomaly // J. Am. Soc. Echocardiogr. - 1998. - Vol. 11, Issue 9. - P. 849-856.

24 Lai W.W. et al. Accuracy of guideline recommendations for two-dimensional quantification of the right ventricle by echocardiography // Int. J. Cardiovasc. Imaging. - 2008. - Vol. 24, Issue 7. - P. 691-698.

25 Repaired tetralogy of Fallot: the roles of cardiovascular magnetic resonance in evaluating pathophysiology and for pulmonary valve replacement decision support // J Cardiovasc Magn Reson. - 2011. - Vol. 13. - P. 9-1-9-24.

26 Kilner P.J. et al. Recommendations for cardiovascular magnetic resonance in adults with congenital heart disease from the respective working groups of the European Society of Cardiology. - 2010. - Vol. 31, Issue 7. - P. 794-805.

27 Effects of regional dysfunction and late gadolinium enhancement on global right ventricular function and exercise capacity in patients with repaired tetralogy of Fallot // Circulation. - 2009. - Vol. 119, Issue 10. - P. 1370-1377.

28 Fratz S. et al. Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: SCMR expert consensus group on congenital heart disease // J. Cardiovasc. Magn. Reson. - 2013. - Vol. 15, Issue 1. - P. 51-1-51-26.

29 Alvarez-Fuente M. et al. Timing of Pulmonary Valve Replacement: How Much Can the Right Ventricle Dilate Before it Loses Its Remodeling Potential? // Pediatr. Cardiol. - 2016. - Vol. 37, Issue 3. - P. 601-605.

30 Shaaban M. et al. Multi-detector computed tomography in the assessment of

tetralogy of Fallot patients: is it a must? // Egypt. Hear. J. The Egyptian Heart Journal. - 2020. - Vol. 72. - P. 17-1-17-13.

31 Helbing W.A., Bosch E. Van Den, Bogers A.J.C.C. Current outcomes and treatment of tetralogy of Fallot [ version 1; peer review: 2 approved] // <https://f1000research.com/articles/8-1530>. 10.10.2023.

32 Kay W.H. et al. Late complications following tetralogy of fallot repair: The need for long-term follow-up // Ann. Acad. Med. Singapore. - 2007. - Vol. 36, Issue 11. - P. 947-953.

33 Sánchez Ramirez C.J., Pérez de Isla L. Tetralogy of Fallot: cardiac imaging evaluation // Ann. Transl. Med. - 2020. - Vol. 8, Issue 15. - P. 966-1-966-9.

34 Forman J. et al. A Review of Tetralogy of Fallot and Postoperative Management // Crit. Care Nurs. Clin. North. - 2019. - Vol. 31, Issue 3. - P. 315-328.

35 Khan M.S. et al. Outcomes of Surgical Repair of Tetralogy of Fallot: A Comparison Between the Adult and Pediatric Population // Cureus. - 2023. - Vol. 15, Issue 7. - P. e41467-1-e41467-6.

36 Mulder B.J.M. Epidemiology of adult congenital heart disease: Demographic variations worldwide // Netherlands Hear. J. - 2012. - Vol. 20, Issue 12. - P. 505-508.

37 Forman J. et al. A Review of Tetralogy of Fallot and Postoperative Management // Critical Care Nursing Clinics of North America. - 2019. - Vol. 31, Issue 3. - P. 315-328.

38 Neill C.A., Clark E.B. Tetralogy of Fallot. The first 300 years // Tex. Heart Inst. J. - 1994. - Vol. 21, Issue 4. - P. 272-279.

39 Sharkey A.M., Sharma A. Tetralogy of Fallot: Anatomic variants and their impact on surgical management // Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia. - 2012. - Vol. 16, Issue 2. - P. 88-96.

40 Fanaroff A.A. Birth Prevalence of Congenital Heart Disease Worldwide: A Systematic Review and Meta-Analysis // Yearb. Neonatal Perinat. Med. - 2012. - Vol. 2012. - P. 101-103.

41 Liu Y. et al. Global birth prevalence of congenital heart defects 1970-2017: Updated systematic review and meta-analysis of 260 studies // Int. J. Epidemiol. - 2019. - Vol. 48, Issue 2. - P. 455-463.

42 Bailliard F., Anderson R.H. Tetralogy of Fallot // Orphanet J Rare Dis. - 2009. - Vol. 4. - P. 2-1-2-10.

43 Blue G.M. et al. Congenital heart disease: Current knowledge about causes and inheritance // Med. J. Aust. - 2012. - Vol. 197, Issue 3. - P. 155-159.

44 Jenkins K.J. et al. Noninherited risk factors and congenital cardiovascular defects: Current knowledge - A scientific statement from the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young // Circulation. - 2007. Vol. 115, Issue 23. - P. 2995-3014.

45 Gruber P.J. Genetics of Congenital Heart Disease // In book: Pediatric Cardiac Surgery. - Hoboken, 2023. - P. 25-34.

46 Moon-Grady A.J. et al. International fetal cardiac intervention registry: A worldwide collaborative description and preliminary outcomes // J. Am. Coll. Cardiol. - 2015. - Vol. 66, Issue 4. - P. 388-399.

47 Hickey E.J. et al. Late risk of outcomes for adults with repaired tetralogy of Fallot from an inception cohort spanning four decades // *Eur. J. Cardio-thoracic Surg.* - 2009. - Vol. 35, Issue 1. - P. 156-164.

48 Amedro P. et al. Quality of Life of Children with Congenital Heart Diseases: A Multicenter Controlled Cross-Sectional Study // *Pediatr. Cardiol.* - 2015. - Vol. 36, Issue 8. - P. 1588-1601.

49 Valente A.M. et al. Contemporary predictors of death and sustained ventricular tachycardia in patients with repaired tetralogy of Fallot enrolled in the INDICATOR cohort // *Heart.* - 2014. - Vol. 100, Issue 3. - P. 247-253.

50 Hickey K., Gatzoulis M.A. Preoperative Predictors of Death and Sustained Ventricular Tachycardia After Pulmonary Valve Replacement in Patients With Repaired Tetralogy of Fallot Enrolled in the INDICATOR Cohort // *Circulation.* - 2018. - Vol. 138, Issue 19. - P. 2106-2115.

51 Jing L. et al. Patients with repaired tetralogy of Fallot suffer from intra- and inter-ventricular cardiac dyssynchrony: a cardiac magnetic resonance study // *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* - 2014. - Vol. 15, Issue 12. - P. 1333-1343.

52 Horowitz L.N. et al. The mechanism of apparent right bundle branch block after transatrial repair of tetralogy of Fallot. // *Circulation.* - 1979. - Vol. 59, Issue 6. - P. 1241-1252.

53 Hazan E. et al. Is right bundle branch block avoidable in surgical correction of tetralogy of Fallot? // *Circulation.* - 1980. - Vol. 62, Issue 4. - P. 852-854.

54 Rekawek J. et al. Risk factors for cardiac arrhythmias in children with congenital heart disease after surgical intervention in the early postoperative period. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* - 2007. - Vol. 133, №4. - P. 900-904.

55 Gatzoulis M.A., Clark A.L., Cullen S. et al. Right ventricular diastolic function 15 to 35 years after repair of tetralogy of Fallot. Restrictive physiology predicts superior exercise performance // *Circulation.* - 1995. - Vol. 91, Issue 6. - P. 1775-1781.

56 Bassareo P.P., Mercurio G. QRS Complex Enlargement as a Predictor of Ventricular Arrhythmias in Patients Affected by Surgically Treated Tetralogy of Fallot: A Comprehensive Literature Review and Historical Overview // *ISRN Cardiol. Hindawi Limited.* - 2013. - Vol. 2013. - P. 1-8.

57 Geva T et al. Factors associated with impaired clinical status in long-term survivors of tetralogy of Fallot repair evaluated by magnetic resonance imaging // *J Am Coll Cardiol.* - 2004. - Vol. 43, Issue 6. - P. 1068-1074.

58 Knauth A.L. et al. Ventricular size and function assessed by cardiac MRI predict major adverse clinical outcomes late after tetralogy of Fallot repair // *Heart.* 2008. - Vol. 94, Issue 2. - P. 211-216.

59 Gurvitz M. et al. Emerging Research Directions in Adult Congenital Heart Disease: A Report from a National Heart, Lung, and Blood Institute/Adult Congenital Heart Association Working Group // *J Am Coll Cardiol.* - 2016. - Vol. 67, Issue 16. - P. 1956-1964.

60 Bouzas B., Kilner P.J., Gatzoulis M.A. Pulmonary regurgitation: Not a benign lesion // *Eur. Heart J.* - 2005. - Vol. 26, Issue 5. - P. 433-439.

61 Lindsey C.W. et al. Pulmonary valve replacement after tetralogy of Fallot repair in preadolescent patients. // *Ann. Thorac. Surg.* - 2010. - Vol. 89, Issue 1. - P. 147-151.

62 Bokma J.P. et al. Effect of losartan on right ventricular dysfunction: Results from the Double-Blind, Randomized REDEFINE Trial (Right Ventricular Dysfunction in Tetralogy of Fallot: Inhibition of the Renin-Angiotensin-Aldosterone System) in Adults with Repaired Tetralogy // *Circulation.* - 2018. - Vol. 137, Issue 14. - P. 1463-1471.

63 Norozi K. et al. A prospective, randomized, double-blind, placebo controlled trial of beta-blockade in patients who have undergone surgical correction of tetralogy of Fallot // *Cardiol. Young.* - 2007. - Vol. 17, Issue 4. - P. 372-379.

64 Wald R.M. et al. Effects of Regional Dysfunction and Late Gadolinium Enhancement on Global Right Ventricular Function and Exercise Capacity in Patients With Repaired Tetralogy of Fallot // *Circulation.* - 2009. - Vol. 119, Issue 10. - P. 1370-1377.

65 Ahmed S. et al. Role of multidetector CT in assessment of repaired tetralogy of fallot // *Radiographics. Radiographics.* - 2013. - Vol. 33, Issue 4. - P. 1023-1036.

66 Han B.K., Lesser J.R. CT imaging in congenital heart disease: An approach to imaging and interpreting complex lesions after surgical intervention for tetralogy of Fallot, transposition of the great arteries, and single ventricle heart disease // *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr. Mosby, Inc.* - 2013. - Vol. 7, Issue 6. - P. 338-353.

67 Gao Y. et al. Computed tomography for evaluating right ventricle and pulmonary artery in pediatric tetralogy of Fallot: Correlation with post-operative pulmonary regurgitation // *Sci. Rep.* - 2018. - Vol. 8, Issue 1. - P. 1-7.

68 Chelliah A. et al. Cardiovascular CT in Cyanotic Congenital Heart Disease // *Curr. Cardiovasc. Imaging Rep. Current Cardiovascular Imaging Reports*, 2019. Vol. 12, Issue 7. - P. 30-1-30-14.

69 Apostolopoulou S.C. et al. Cardiovascular imaging approach in pre and postoperative tetralogy of Fallot // *Medical and Health Sciences 1103 Clinical Sciences // BMC Cardiovasc. Disord.* - 2019. - Vol. 19, №1. - P. 1-12.

70 Pushparajah K. et al. Educational series in congenital heart disease Cardiovascular MRI and CT in congenital heart disease // *Echo Res Pract.* - 2019. - Vol. 6, Issue 4. - P. R121-R138.

71 Ghio S., Tavazzi L. Right ventricular dysfunction in advanced heart failure // *Ital. Hear. J.* - 2005. - Vol. 6, Issue 10. - P. 852-855.

72 Нарциссова Г.П. Роль правого желудочка в патологии сердечно-сосудистой системы // *Патология кровообращения и кардиохирургия.* - 2014. - №1. - С. 33-36.

73 Лыткина В.С., Матюшин Г.В., Кужель Д.А. Современные подходы в оценке функции правого желудочка // *Сибирское медицинское обозрение.* - 2014. - №2. - С. 52-57.

74 Borgdorff M.A.J. et al. Right ventricular failure due to chronic pressure load: What have we learned in animal models since the NIH working group statement? // *Heart Fail. Rev.* - 2015. - Vol. 20, Issue 4. - P. 475-491.

75 Pinsky M.R. The right ventricle: Interaction with the pulmonary circulation // Crit. Care. Critical Care. - 2016. - Vol. 20, Issue 1. - P. 1-9.

76 Cochran C.D. et al. Identifying Risk Factors for Massive Right Ventricular Dilation in Patients With Repaired Tetralogy of Fallot // Am. J. Cardiol. Elsevier Inc. - 2020. - Vol. 125, Issue 6. - P. 970-976.

77 DeFaria Yeh D., King M.E. Congenital Heart Disease in the Adult: What Should the Adult Cardiologist Know? // Curr. Cardiol. Rep. - 2015. - Vol. 17, Issue 4. - P. 25-1-25-16.

78 Saidova M.A., Loskutova A.S., Kobal E.A. The role of modern echocardiography methods in diagnosis of pulmonary hypertension // Kardiologiya. - 2014. - Vol. 54, Issue 5. - P. 72-79.

79 Haddad F. et al. Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: Anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle // Circulation. - 2008. - Vol. 117, Issue 11. - P. 1436-1448.

80 Lang R.M. et al. Recommendations for chamber quantification: A report from the American Society of Echocardiography's guidelines and standards committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. - 2005. - Vol. 18, Issue 12. - P. 1440-1463.

81 Ueti O.M. et al. Assessment of right ventricular function with Doppler echocardiographic indices derived from tricuspid annular motion: Comparison with radionuclide angiography // Heart. - 2002. - Vol. 88, Issue 3. - P. 244-248.

82 Родионов А.С. Непосредственные и отдаленные результаты реконструктивных клапаносохраняющих операций на легочной артерии у больных с врожденными пороками сердца: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.04. - М., 2006. - 115 с.

83 Лыткин В.А., Эверт Л.С., Терещенко С.Ю. и др. Роль эхокардиоскопии в оценке структурно-функциональных особенностей правого желудочка сердца у детей с кардиогенными синкопе // Бюллетень ВСНЦ РАМН. - 2012. - №6(88). - С. 147-150.

84 Бокерия Л.А. и др. Ротационная ангиография и 3D-моделирование в диагностике и лечении врожденных пороков сердца // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. - 2013. - Т. 14, №6. - С. 14-19.

85 Glatz A.C. et al. Use of Angiographic CT Imaging in the Cardiac Catheterization Laboratory for Congenital Heart Disease // JCMG. - 2010. - Vol. 3, Issue 11. - P. 1149-1157.

86 Кармазановский Г.Г. Компьютерная томография – основа мощи современной рентгенологии // Медицинская визуализация. - 2005. - №6. - С. 139-143.

87 Barker A.J., Rigsby C.K., Markl M. 4-D flow MRI-derived energetic biomarkers are abnormal in children with repaired tetralogy of Fallot and associated with disease severity // Pediatric radiology. - 2020. - Vol. 49, Issue 3. - P. 308-317.

88 Sjöberg P. et al. Disturbed left and right ventricular kinetic energy in patients

with repaired tetralogy of Fallot: pathophysiological insights using 4D-flow MRI // Eur. Radiol. European Radiology. - 2018. - Vol. 28, Issue 10. - P. 4066-4076.

89 Ozkok S. et al. Cardiac MRI in surgically repaired tetralogy of Fallot: Our initial experience // North. Clin. Istanbul. - 2022. - Vol. 9, Issue 6. - P. 622-631.

90 Di Salvo G. et al. Imaging the adult with congenital heart disease: A multimodality imaging approach - Position paper from the EACVI // Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging. - 2018. - Vol. 19, Issue 10. - P. 1077-1098.

91 Лазарев П.В., Сафарова А.Ф., Кобалава Ж.Д. Эхокардиографические возможности оценки функции правого желудочка и правожелудочково-артериального сопряжения при хронической сердечной // Кардиология: новости, мнения, обучение. - 2018. - Т. 6, №3. - С. 51-58.

92 Romeo J.L.R. et al. Timing of pulmonary valve replacement in patients with corrected Fallot to prevent QRS prolongation // Eur. J. cardiothoracic Surg. - 2020. - Vol. 58, Issue 3. - P. 559-566.

93 Davlouros P.A. et al. Timing and type of surgery for severe pulmonary regurgitation after repair of tetralogy of Fallot // International Journal of Cardiology. - 2004. - Vol. 97, Suppl. 1. - P. 91-101.

94 Rashid I. et al. Right ventricular systolic dysfunction but not dilatation correlates with prognostically significant reductions in exercise capacity in repaired Tetralogy of Fallot // Eur. Hear. J. - Cardiovasc. Imaging. - 2019. - Vol. 21, Issue 8. - P. 906-913.

95 Lee C. Surgical Management of Chronic Pulmonary Regurgitation After Relief of Right Ventricular Outflow Tract Obstruction // Korean Circ J. - 2012. - Vol. 42. - P. 1-7.

96 Jang W.S. et al. Mid-term results of bioprosthetic pulmonary valve replacement in pulmonary regurgitation after tetralogy of fallot repair // Eur. J. Cardiothoracic Surg. - 2012. - Vol. 42, Issue 1. - P. e1-e8.

97 Van Straten A. et al. Right ventricular function after pulmonary valve replacement in patients with tetralogy of Fallot // Radiology. - 2004. - Vol. 233, Issue 3. - P. 824-829.

98 Egbe A.C., Vallabhajosyula S., Connolly H.M. Trends and outcomes of pulmonary valve replacement in tetralogy of Fallot // Int. J. Cardiol. - 2020. - Vol. 299. - P. 136-139.

99 Babu-Narayan S.V. et al. Clinical outcomes of surgical pulmonary valve replacement after repair of tetralogy of fallot and potential prognostic value of preoperative cardiopulmonary exercise testing // Circulation. - 2014. - Vol. 129, Issue 1. - P. 18-27.

100 Warner K.G. et al. Expanding the Indications for Pulmonary Valve Replacement After Repair of Tetralogy of Fallot // Ann Thorac Surg. - 2003. - Vol. 76, Issue 4. - P. 1066-1071.

101 Qu X. et al. Loss of flow responsive Tie1 results in Impaired Aortic valve remodeling // Dev. Biol. - 2019. - Vol. 455, Issue 1. - P. 73-84.

102 Balzer D. Pulmonary Valve Replacement for Tetralogy of Fallot // Methodist Debaquey Cardiovasc. J. - 2019. - Vol. 15, Issue 2. - P. 122-132.

103 Bokma J.P. et al. A propensity score-adjusted analysis of clinical outcomes after pulmonary valve replacement in tetralogy of Fallot // Heart. - 2018. - Vol. 104, Issue 9. - P. 738-744.

104 Arnaz A. et al. Pulmonary valve replacement in patients with repaired tetralogy of fallot: Early results for recovery of right ventricular dilatation and qrs duration // Turkish J. Med. Sci. - 2018. - Vol. 48, Issue 6. - P. 1121-1128.

105 Saraya S. et al. Cardiac MRI in evaluation of post-operative congenital heart disease and complications // Egypt. J. Radiol. Nucl. Med. - 2020. - Vol. 51. - P. 133-1-133-12.

106 Karamitsos T.D. et al. The Role of Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging in Heart Failure // J Am Col Car. - 2009. - Vol. 54, Issue 15. - P. 1407-1424.

107 Patel A.R., Kramer C.M. Role of Cardiac Magnetic Resonance in the Diagnosis and Prognosis of Nonischemic Cardiomyopathy // JACC Cardiovasc Imaging. - 2017. - Vol. 10. - P. 1180-1193.

108 Schuster A. et al. Cardiovascular Magnetic Resonance Myocardial Feature Tracking: Concepts and Clinical Applications // Circ. Cardiovasc. Imaging. - 2016. - Vol. 9, Issue 4. - P. e004077.

109 Ibrahim E.H. Myocardial tagging by Cardiovascular Magnetic Resonance: evolution of techniques – pulse sequences , analysis algorithms , and applications // J. Cardiovasc. Magn. Reson. - 2011. - Vol. 13, Issue 1. - P. 36-1-36-40.

110 Kalisz K. et al. Myocardial Strain Evaluation with Cardiovascular MRI: Physics, Principles, and Clinical Applications // Radiographics. - 2022. - Vol. 42, Issue 4. - P. 968-990.

111 Vdovenko D.V., Libov I.A., Libis R.A. Assessment of function of the left heart myocardium by tissue Doppler imaging and speckle tracking echocardiography in patients with chronic heart failure with preserved left ventricular ejection fraction // Kardiologiya. - 2018. - Vol. 59, Issue 2. - P. 17-23.

112 Voigt J.U. et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging // Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging. - 2015. - Vol. 16, Issue 1. - P. 1-11.

113 Muser D. et al. Clinical applications of feature-tracking cardiac magnetic resonance imaging // World J Cardiol. - 2018. - Vol. 10, Issue 11. - P. 210-221.

114 Voigt J.-U. et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI / ASE / Industry Task Force to standardize deformation imaging // Eur Heart J Cardiovasc Imaging. - 2015. - Vol. 16, Issue 1. - P. 1-11.

115 Tous C. et al. Ex vivo cardiovascular magnetic resonance diffusion weighted imaging in congenital heart disease, an insight into the microstructures of tetralogy of Fallot, biventricular and univentricular systemic right ventricle // J. Cardiovasc. Magn. Reson. - 2020. - Vol. 22, Issue 1. - P. 1-12.

116 Hirtler D. et.al. Assessment of intracardiac flow and vorticity in the right heart of patients after repair of tetralogy of Fallot by flow-sensitive 4D- MRI // Eur. Radiol. - 2019. - Vol. 176, Issue 3. - P. 139-148.

117 Синицы В.Е., Мершина Е.А., Ларина О.М. Возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике кардиомиопатий // Клиническая и экспериментальная хирургия. - 2014. - №1(3). - С. 54-63.

118 Motevalli M. et al. Evaluation of right ventricular function and various models of delayed enhancement with cardiac magnetic resonance imaging in patients with repaired tetralogy of fallot // Iran. J. Radiol. - 2020. - Vol. 17, Issue 2. - P. 1-6.

119 Hagdorn Q.A.J. et al. Sex differences in patients with repaired tetralogy of Fallot support a tailored approach for males and females: a cardiac magnetic resonance study // Int. J. Card. Imag. - 2020. - Vol. 36, Issue 10. - P. 1997-2005.

120 Avesani M. et al. Echocardiography and cardiac magnetic resonance in children with repaired tetralogy of Fallot: New insights in cardiac mechanics and exercise capacity // Int. J. Cardiol. - 2020. - Vol. 321. - P. 144-149.

121 Rahman Z.U. et al. Feature tracking cardiac magnetic resonance imaging: A review of a novel non-invasive cardiac imaging technique // World J. Cardiol. - 2017. - Vol. 9, Issue 4. - P. 312-319.

122 Schuster A. et al. The intra-observer reproducibility of cardiovascular magnetic resonance myocardial feature tracking strain assessment is independent of field strength // Eur. J. Radiol. Elsevier Ireland Ltd, 2013. Vol. 82, № 2. P. 296–301.

123 Taylor R.J. et al. 102 the Reproducibility and Analysis Time of Cardiac Magnetic Resonance Feature Tracking: Potential for Clinical Application // Heart. - 2013. - Vol. 99, Suppl 2. - P. A64.

124 Augustine D. et al. Global and regional left ventricular myocardial deformation measures by magnetic resonance feature tracking in healthy volunteers: Comparison with tagging and relevance of gender // J. Cardiovasc. Magn. Reson. - 2013. - Vol. 15, Issue 1. - P. 8-1-8-10.

125 Lu J.C. et al. Strain measurement by cardiovascular magnetic resonance in pediatric cancer survivors: Validation of feature tracking against harmonic phase imaging // Pediatr. Radiol. - 2014. - Vol. 44, Issue 9. - P. 1070-1076.

126 Hor K.N. et al. Comparison of Magnetic Resonance Feature Tracking for Strain Calculation With Harmonic Phase Imaging Analysis // JCMG. - 2010. - Vol. 3, Issue 2. - P. 144-151.

127 Morton G. et al. Inter-study reproducibility of cardiovascular magnetic resonance myocardial feature tracking // J. Cardiovasc. Magn. Reson. - 2012. - Vol. 14, Issue 1. - P. 1-8.

128 Kempny A. et al. Quantification of biventricular myocardial function using cardiac magnetic resonance feature tracking , endocardial border delineation and echocardiographic speckle tracking in patients with repaired tetralogy of fallot and healthy controls // J Cardiovasc Magn Reson. - 2012. - Vol. 14. - P. 32-1-32-14.

129 Harrild D.M. et al. Impact of transcatheter pulmonary valve replacement on biventricular strain and synchrony assessed by cardiac magnetic resonance feature tracking // Circ. Cardiovasc. Interv. - 2013. - Vol. 6, Issue 6. - P. 680-687.

130 Sado D.M. et al. Identification and assessment of anderson-fabry disease by cardiovascular magnetic resonance noncontrast myocardial T1 mapping // Circ. Cardiovasc. Imaging. - 2013. - Vol. 6, Issue 3. - P. 392-398.

131 Balasubramanian S. et al. Impact of surgical pulmonary valve replacement on ventricular strain and synchrony in patients with repaired tetralogy of Fallot: A cardiovascular magnetic resonance feature tracking study // *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* - 2018. - Vol. 20, Issue 1. - P. 1-11.

132 Pennell D.J. Cardiovascular magnetic resonance: twenty-first century solutions in cardiology // *Clin Med (Lond).* - 2003. - Vol. 3, Issue 3. - P. 273-278.

133 Orwat S., Diller G.-P. et al. Myocardial deformation parameters predict outcome in patients with repaired tetralogy of Fallot // *Heart.* - 2016. - Vol. 102, Issue 3. - P. 209-215.

134 Buss S.J. et al. Assessment of myocardial deformation with cardiac magnetic resonance strain imaging improves risk stratification in patients with dilated cardiomyopathy // *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* - 2015. - Vol. 16, Issue 3. - P. 307-315.

135 Padiyath A. et al. Echocardiography and Cardiac Magnetic Resonance-Based Feature Tracking in the Assessment of Myocardial Mechanics in Tetralogy of Fallot: An Intermodality Comparison // *Echocardiography.* - 2013. - Vol. 30, Issue 2. - P. 203-210.

136 Schuster A. et al. Cardiovascular magnetic resonance myocardial feature tracking detects quantitative wall motion during dobutamine stress // *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* - 2011. - Vol. 13, Issue 1. - P. 58-1-58-8.

137 Smiseth O.A. et al. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? // *Eur Heart J.* - 2016. - Vol. 37, Issue 15. - P. 1196-1207.

138 Li V.W. et al. Ventricular Myocardial Deformation Imaging of Patients with Repaired Tetralogy of Fallot // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* - 2020. - Vol. 33, Issue 7. - P. 788-801.

139 Schuster A. et al. Cardiovascular magnetic resonance myocardial feature tracking for quantitative viability assessment in ischemic cardiomyopathy // *Int. J. Cardiol.* - 2013. - Vol. 166, Issue 2. - P. 413-420.

140 Jafari F. et al. The role of cardiac magnetic resonance imaging in the detection and monitoring of cardiotoxicity in patients with breast cancer after treatment: a comprehensive review // *Heart Failure Reviews.* - 2020. - Vol. 26, Issue 3. - P. 679-697.

141 Rezaeian N. et al. Comparison of global strain values of myocardium in beta thalassemia major patients with iron load using specific feature tracking in cardiac magnetic resonance imaging // *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* - 2020. - Vol. 36, Issue 7. - P. 1343-1349.

142 Hamada-Harimura Y. et al. Incremental Prognostic Value of Right Ventricular Strain in Patients With Acute Decompensated Heart Failure // *Circulation Cardiovascular imaging.* - 2018. - Vol. 11, Issue 10. - P. e007249

143 Tadic M. et al. Right ventricular strain in heart failure: // *Arch. Cardiovasc. Dis.* - 2017. - Vol. 110, Issue 10. - P. 562-571.

144 Stergiopoulos K. et al. Right ventricular strain rate predicts clinical outcomes in patients with acute pulmonary embolism // *Acute Card Care.* - 2011. - Vol. 13, Issue 3. - P. 181-188.

145 Harrild D.M. et al. Congenital Heart Disease Impact of Transcatheter Pulmonary Valve Replacement on Biventricular Strain and Synchrony Assessed by Cardiac Magnetic Resonance Feature Tracking // *Circ Cardiovasc Interv.* - 2013. - Vol. 6, Issue 6. - P. 680-687.

146 Hagdorn Q.A.J. et al. CMR feature tracking left ventricular strain-rate predicts ventricular tachyarrhythmia, but not deterioration of ventricular function in patients with repaired tetralogy of Fallot // *Int. J. Cardiol. The Authors.* - 2019. - Vol. 295. - P. 1-6.

147 Moon T.J. et al. Relation of Biventricular Strain and Dyssynchrony in Repaired Tetralogy of Fallot Measured by Cardiac Magnetic Resonance to Death and Sustained Ventricular Tachycardia // *Am. J. Cardiol.* - 2015. - Vol. 115, Issue 5. - P. 676-680.

148 Kutty S. et al. Reduced global longitudinal and radial strain with normal left ventricular ejection fraction late after effective repair of aortic coarctation - a CMR feature tracking study // *Int J Cardiovasc Imaging.* - 2013. - Vol. 29, Issue 1. - P. 141-150.

149 Beatrice C. et al. Right ventricular strain in repaired Tetralogy of Fallot with regards to pulmonary valve replacement // *Eur. J. Radiol.* - 2020. - Vol. 131. - P. 109235.

150 Pezeshki P.S. et al. Feature tracking cardiac magnetic resonance imaging to assess cardiac manifestations of systemic diseases // *Heart Fail. Rev.* - 2023. - Vol. 28, Issue 5. - P. 1189-1199.

151 Морозов С. П., Петряйкин А. В., Полищук Н. С., Сергунова К. А., Гусева Е. Б., Петряйкин Ф. А., Винокуров А. С. Использование контрастного усиления при компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии в амбулаторно-поликлинической практике: текущее состояние и перспективы. *Радиология – практика, №2 (68).* С.43-55.

152 Руководство пользователя по базовой системе IBM SPSS Statistics 25. [www.ibm.com](http://www.ibm.com). с.322.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Свидетельства об авторском праве

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ**  **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**

**АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ  
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ**

**КУӘЛІК**  
2024 жылғы «20» маусым № 47707

Автордың (лардың) жөні, аты, әкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):  
**КАБДІЛЛИНА АЖАР МУСЛІМКАНОВНА, Рахимжанова Раушан Ибжановна, Даутов Тайрхан Бекполатович, Қожахметова Жанар Жаныбековна, Қуанышева Анаргүль Галымовна, Туржанова Динара Ерлановна**

Авторлық құқық объектісі: **ғылыми туынды**

Объектінің атауы: **Роль компьютерной томографии в диагностике осложнений, возникающих после радикальной коррекции тетрады Фалло**

Объектіні жасаған күні: **17.06.2024**

Құжат түпнұсқасын <http://www.kazpatent.kz/ru> сайтының  
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады. <https://copyright.kazpatent.kz>

Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)  
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

ЭЦҚ қол қойылды Е. Оспанов

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

**АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ  
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ**

**КУӘЛІК**

2024 жылғы «21» маусым № 47756

Автордың (лардың) жөні, аты, әкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):  
**КАБДУЛЛИНА АЖАР МУСЛЮМКАНОВНА, Рахимжанова Раушан Ибжановна, Даутов Тайрхан  
Бекполатович, Кожахметова Жанар Жаныбековна, Куанышева Анаргүль Галымовна, Туржанова Динара  
Ерлановна**

Авторлық құқық объектісі: **ҒЫЛЫМИ ТУЫНДЫ**

Объектінің атауы: **Роль MPT Strain в диагностике осложнений, возникающих после радикальной  
коррекции тетрады Фалло**

Объектіні жасаған күні: **17.06.2024**



Құжат түпнұсқалығын <http://www.kazpatent.kz/ru> сайтының  
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады <https://copyright.kazpatent.kz>

Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)  
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

ЭЦҚ қол қойылды

Е. Оспанов

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ  
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ

КУӘЛІК

2024 жылғы «24» маусым № 47818

Автордың (лардың) жөні, аты, әкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):  
**КАБДУЛЛИНА АЖАР МУСЛЮМКАНОВНА, Рахимжанова Раушан Ибжановна, Даутов Тайрхан  
Бекполатович, Кожахметова Жанар Жаныбековна, Куанышева Анаргүл Галымовна, Туржанова Динара  
Ерлановна**

Авторлық құқық объектісі: **ҒЫЛЫМИ ТУЫНДЫ**

Объектінің атауы: **Роль магнитно-резонансной томографии в диагностике осложнений, возникающих  
после радикальной коррекции тетрады Фалло**

Объектіні жасаған күні: **20.06.2024**



Құжат түпнұсқасын <http://www.kazpatent.kz/ru> сайтының  
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады. <https://copyright.kazpatent.kz>

Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](http://kazpatent.kz)  
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

ЭЦҚ қол қойылды

Е. Оспанов

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

## Акт внедрения

УТВЕРЖДАЮ

Председатель Правления  
некоммерческого акционерного общества  
«Национальный научный  
кардиохирургический центр»  
Бекбосынова М.С.  
« 17 » 11 2023 г.  
М.П.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ № 10  
результата научного исследования

**1. Наименование работы:** Комбинация лучевых методов диагностики в оценке функциональной эффективности и прогнозировании исходов хирургической коррекции тетрады Фалло

**2. Краткая аннотация:** Методика Strain MPT сердца (MR feature-tracking) в диагностике осложнений, возникающих у пациентов после радикальной коррекции Тетрады Фалло, в рамках научной диссертации по теме «Комбинация лучевых методов диагностики в оценке функциональной эффективности и прогнозировании исходов хирургической коррекции тетрады Фалло». Работа включена из плана, разработка заимствованная (республиканского, областного планов внедрения; планов внедрения научно-исследовательских, учебных институтов; внедрена в инициативном порядке; заимствована из методических рекомендаций, журнальных статей, диссертаций, монографий – указать)

**3. Эффект от внедрения:** диагностический

**Форма внедрения:** методика Strain MPT основана на определении движения миокарда при помощи отслеживания перемещения естественных маркеров — зернистых структур миокарда. Суть метода заключается в том, что маркеры случайным образом распределяются по миокарду, а затем положение каждого пятна определяется и отслеживается на серии последовательных кадров, что позволяет определить расстояние, на которое смещается пятно от кадра к кадру. Таким образом, по движению этих структур можно получить данные о скорости движения и деформации участков миокарда. (внедрение метода, способа, аппарата в лечебно-профилактическом учреждении, лекции, семинары, подготовка на рабочем месте и пр - указать). Эффективность внедрения: методика Strain MPT является неинвазивным методом оценки глобальной продольной деформации (GLS) миокарда правого желудочка, который, как было доказано, является более чувствительным для оценки систолической функции, чем фракция выброса желудочка.

**5. Место внедрения:** Рекомендовано внедрить «Национальный Научный Кардиохирургический Центр» г. Астана

**6. Время внедрения:** с 2019г. по 2025 год

### Подписи:

1. Заявитель, внедряющий результаты образовательного обучения, в клинику:

Кабдулина А.М., врач радиолог отделения ядерной медицины больницы УДЦ РК

(подпись)

2. Представитель(-и) организации, в производственную деятельность которой были внедрены указанные результаты:

Даутов Т.Б., Директор клинично-академического департамента радиологии и ядерной медицины КФ «УМС», д.м.н., асс.профессор

(подпись)

Рахимжанова Р.И., Директор НИИ Радиологии имени академика Ж.Х.Хамзабаева «НАО МУА», Президент Казахстанского Радиологического Общества, Заслуженный деятель РК,  
д.м.н., профессор

(подпись)

## ПРИЛОЖЕНИЕ В



Алгоритм диагностики пациентов  
после радикальной коррекции Тетрады Фалло

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## Информированное согласие пациента для проведения исследования на компьютерном томографе

ҰЛТТЫҚ БЫЛЫМИ  
КАРДИОХИРУРГИЯ ОРТАЛЫҒЫ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ  
КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

Форма ППС-МКБП-03-Ф35 Информированное согласие пациента на проведение компьютерной томографии-ангиографии, магнитно-резонансной томографии с введением контрастного вещества, коронароангиографии (коронарографии), аортографии, ангиопульмонографии, аортокоронаровентрикулографии, коронаркардиографии, зондирования/катетеризации полостей сердца, чреспищеводной Эхокардиографии, чреспищеводной Электростимуляции в АО «Национальный научный кардиохирургический центр». Версия 1.

ФИО пациента: \_\_\_\_\_  
Дата рождения \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ г.

### ИНФОРМИРОВАННОЕ СОГЛАСИЕ ПАЦИЕНТА на проведение компьютерной томографии-ангиографии, магнитно-резонансной томографии с введением контрастного вещества, коронароангиографии (коронарографии), аортографии, ангиопульмонографии, аортокоронаровентрикулографии, коронаркардиографии, зондирования/катетеризации полостей сердца, чреспищеводной Эхокардиографии, чреспищеводной Электростимуляции в АО «Национальный научный кардиохирургический центр»

Согласно Кодексу Республики Казахстан «О здоровье народа и системе здравоохранения», Статья 139:

1. Порядок проведения инвазивных методов диагностики требует письменного согласия пациента, либо его законного представителя (если пациент страдает психическими расстройствами, признан в суде недееспособным или несовершеннолетним).

2. Согласие может быть отозвано, за исключением тех случаев, когда медицинские работники по жизненным показаниям уже приступили к хирургическому вмешательству и его прекращение или возврат не возможны в связи с угрозой для жизни и здоровья пациента.

3. В случаях, когда промедление инвазивных методов диагностики угрожает жизни больного, а получить согласие больного или его законных представителей не представляется возможным, решение принимает консилиум или врач с последующим информированием пациента или его законных представителей о принятых мерах.

Я: пациент / мама / папа / другое лицо(Ф.И.О.): \_\_\_\_\_,  
с датой рождения (чч/мм/гг): \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ г.

находясь в отделении (указать отделение): \_\_\_\_\_  
АО «Национальный научный кардиохирургический центр» даю согласие на проведение мне (ребенку, подопечному) исследования (нужное отметить галочкой):

- КТ-ангиография: \_\_\_\_\_  
 МРТ (с введением контрастного вещества): \_\_\_\_\_  
 Коронароангиография (Коронарография): \_\_\_\_\_  
 Аортография: \_\_\_\_\_  
 Ангиопульмонография: \_\_\_\_\_  
 Коронарография со стентированием: \_\_\_\_\_  
 Аортокоронаровентрикулография: \_\_\_\_\_  
 Зондирование/катетеризация полостей сердца: \_\_\_\_\_  
 ЧпЭхо: \_\_\_\_\_  
 ЧпЭКС: \_\_\_\_\_

4. Я информирован(а) о целях, характере, неблагоприятных эффектах планируемого инвазивного вмешательства.

5. Я согласен(на) со всеми подготовительными и сопровождающими возможными анестезиологическими мероприятиями, а также с необходимыми побочными вмешательствами.

6. Мне разъяснены все возможные осложнения и риски (список осложнений и рисков приложен к настоящему информированному согласию в виде таблицы) при проведении данного исследования и, учитывая необходимость в данном исследовании, даю свое согласие.

✓	Метод исследования	Осложнения и риски
<input type="checkbox"/>	КТ-ангиография	• аллергическая реакция на контрастное вещество. Обычно она возникает внезапно. При этом появляется зуд кожи и ее покраснение, реже местный отёк или одышка. При появлении перечисленных симптомов следует сразу же уведомить об этом врача. Кроме того, контрастное вещество может оказать негативное влияние на почки, в зависимости от

		введенного объема.
<input type="checkbox"/>	МРТ (с введением контрастного вещества)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Побочные эффекты электро-магнитного поля, которое применяется в МРТ, неизвестны.</li> <li>• МРТ обычно следует избегать в первые 12 недель беременности. В этих случаях рекомендуется другой метод исследования, например, УЗИ, если нет явных показаний к МРТ.</li> <li>• Нераспознанные металлические имплантаты могут быть повреждены сильным магнитным полем.</li> <li>• В редких случаях может быть риск на контрастные вещества.</li> </ul> <p>В редких случаях риск осложнений при использовании гадолиния у пациентов с патологией почек. Таким пациентам нужно провести обследование функции почек перед МРТ</p>
<input type="checkbox"/>	Коронароангиография (коронарография)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Кровотечение в месте пункции</li> <li>• Нарушение ритма сердца</li> <li>• Аллергическая реакция на контраст</li> <li>• Тромбоз коронарной артерии</li> <li>• Острая диссекция интимы артерии</li> <li>• Развитие инфаркта миокарда</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	Коронарография (со стентированием)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Кровотечение из области пункции артерии</li> <li>• Нарушение ритма сердца</li> <li>• Образование тромбов и гематом</li> <li>• Инфекция и воспаление раны в области пункции</li> <li>• Аллергическая реакция на контрастный препарат</li> <li>• Инсульт</li> <li>• Инфаркт миокарда</li> <li>• Жизнеугрожающие нарушения сердечного ритма</li> <li>• Кардиогенный шок</li> <li>• Перфорация кровеносного сосуда (образование отверстия в сосуде) или его разрыв</li> <li>• Кессонная болезнь (попадание в просвет кровеносного сосуда воздуха, что может быть крайне опасным для жизни осложнением)</li> <li>• Летальный исход</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	Аортография	<ul style="list-style-type: none"> <li>• острая сердечная недостаточность;</li> <li>• Аллергические реакции на рентгеноконтрастное вещество</li> <li>• Кровотечение в месте введения катетера</li> <li>• полиорганная недостаточность;</li> <li>• жизнеугрожающие нарушения сердечного ритма;</li> <li>• энцефалопатия;</li> <li>• тромбозы магистральных и периферических сосудов.</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	Ангиопульмонография	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Аллергические реакции на рентгеноконтрастное вещество</li> <li>• Кровотечение в месте введения катетера</li> <li>• Повреждение клапана сердца или коронарной артерии</li> <li>• Почечная недостаточность</li> <li>• Нарушение сердечного ритма</li> <li>• Инсульт</li> <li>• Эмболия легочной артерии</li> <li>• Летальный исход</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	Коронаркардиография	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Кровотечение из области пункции артерии</li> <li>• Нарушение ритма сердца</li> <li>• Образование тромбов и гематом</li> <li>• Инфекция и воспаление раны в области пункции</li> <li>• Аллергическая реакция на контрастный препарат</li> <li>• Инсульт</li> <li>• Инфаркт миокарда</li> <li>• Жизнеугрожающие нарушения сердечного ритма</li> <li>• Кардиогенный шок</li> <li>• Перфорация кровеносного сосуда (образование отверстия в сосуде) или его разрыв</li> <li>• Кессонная болезнь (попадание в просвет кровеносного сосуда воздуха, что может быть крайне опасным для жизни осложнением)</li> <li>• Летальный исход</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	Аортокоронарентрикулография	<ul style="list-style-type: none"> <li>• острая сердечная недостаточность;</li> <li>• Аллергические реакции на рентгеноконтрастное вещество</li> <li>• Кровотечение в месте введения катетера</li> <li>• полиорганная недостаточность;</li> </ul>

<input type="checkbox"/>	Коронарентрикулография	<ul style="list-style-type: none"> <li>жизненно-угрожающие нарушения сердечного ритма;</li> <li>энцефалопатия;</li> <li>тромбоэмболии магистральных и периферических сосудов.</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	Зондирование/катетеризация полостей сердца	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ишемически/реперфузионные повреждения миокарда;</li> <li>Эмболизация, диссекция или перфорация коронарной артерии, а также окклюзия боковых ее ветвей;</li> <li>Кровотечение, инфекция и болевой синдром в месте введения катетера</li> <li>Жизнеугрожающие нарушения сердечного ритма;</li> <li>Тромбоэмболия магистральных и периферических сосудов;</li> <li>Полиорганная недостаточность;</li> <li>Летальный исход.</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	Чрезпищеводной электростимуляции	<ul style="list-style-type: none"> <li>Развитие нежелательных (не ожидаемых в ходе исследования) нарушений ритма и проводимости сердца.</li> <li>Тромбоэмболические осложнения</li> <li>Развитие острого коронарного синдрома</li> <li>Развитие тяжелого гипертонического криза</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	Чрезпищеводной Эхокардиографии	<ul style="list-style-type: none"> <li>Затрудненное дыхание;</li> <li>Неправильный сердечный ритм;</li> <li>Кровотечение или повреждение горла или пищевода;</li> <li>Повышенный риск возникновения осложнений существует в следующих случаях:</li> <li>Есть проблемы с горлом;</li> <li>Проводилась лучевая терапия в области горла;</li> <li>Наличие язвы желудка или варикозно-расширенных вен пищевода;</li> <li>Существуют стриктуры или сужения пищевода;</li> <li>Имеется апноэ сна или тяжелое респираторное заболевание (например, хроническая обструктивная болезнь легких).</li> </ul>

7. Я осознаю, что данный метод обследования связан с риском для здоровья и жизни мне/моего ребенка/подопечного. Понимаю, что во время или после сеанса процедуры могут появиться непредвиденные неблагоприятные обстоятельства. При этом врач отделения может быть поставлен перед необходимостью изменить план проведения процедуры, прервать его.

8. Мне в полном объеме была дана информация о преимуществах и недостатках данного обследования.

9. Я предупреждена, что в ряде случаев могут понадобиться повторные процедуры, и даю согласие на это.

10. Я знаю, что в целях максимальной эффективности проводимого лечения, я обязан (а) поставить в известность врача обо всех проблемах, связанных с моим здоровьем (со здоровьем моего ребенка, подопечного, опекуна), наследственностью, аллергических проявлениях, индивидуальной непереносимости лекарственных препаратов и продуктов питания, а также о курении табака, злоупотреблении алкоголем или наркотическими препаратами.

11. Я проинформирован(а) обо всех возможных проблемах, связанных с выздоровлением.

13. Я предупрежден(а) о режиме после процедуры и возможных последствиях при его нарушении, а также о возможных болевых ощущениях и методах обезболивания.

14. Я поставлен (а) в известность и даю согласие, что ответственным за выполнение инвазивной процедуры будет врач Ф.И.О. \_\_\_\_\_

15. Я имел(а) возможность задавать любые вопросы и на все вопросы получил(а) исчерпывающие ответы, а также о последствиях при отказе от лечения.

16. Я поставлен(а) в известность и даю согласие на то, что Общество обеспечит проведение инвазивной процедуры квалифицированным специалистом.

17. Ни при каких обстоятельствах мне не должны выполняться следующий объем операции, другие виды операций и манипуляции: \_\_\_\_\_

18. Я ознакомлен(а) со всеми пунктами настоящего документа и согласен(а) с ними.

19. Любую информацию о состоянии моего здоровья, проводимом обследовании и лечении, его результатах я разрешаю сообщать следующим лицам: \_\_\_\_\_



Имя и Фамилия лица, которому разрешается сообщать о ходе лечения	Родство /отношение	Телефоны

Подпись заявителя: \_\_\_\_\_ Дата и время заполнения: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /20\_\_ г. \_\_\_\_ ч. \_\_\_\_ мин.

В случае не возможности подписания данного информированного согласия самим пациентом из-за тяжести состояния:

Ф.И.О. и подпись родственника/опекуна/законного представителя пациента: \_\_\_\_\_  
Дата и время заполнения: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /20\_\_ г. \_\_\_\_ ч. \_\_\_\_ мин.

Врач (Ф.И.О.): \_\_\_\_\_ Подпись: \_\_\_\_\_

В случае наличия психических заболеваний или нарушения уровня сознания у пациента при отсутствии законного представителя пациента и необходимости проведения оперативного вмешательства по жизненным показаниям в согласии заполняются следующие пункты.

Ф.И.О. пациента \_\_\_\_\_ г.р.

Название операции: \_\_\_\_\_

Операция проводится по решению консилиума врачей:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, время : \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Примечание: Ответственность за правильность заполнения информированного согласия несет пациент/родитель/опекун/законный представитель.

**Информация и опрос пациента перед проведением МРТ исследования**  
**Прочтите вопросы и заполните анкету!**

Вас когда нибудь оперировали ранее? (Головной мозг, сердце, сосуды, суставы)	
Были ли у Вас ранения (например, шрапнелью и т.п.)	
Вы работали с токарными станками или у вас когда-либо было ранение глаза металлическим объектом (например, металлические осколки, стружка, инородные тела и т.п.)	
Есть ли у Вас клаустрофобия? (БОЯЗНЬ ЗАМКНУТОГО ПРОСТРАНСТВА)	
Были ли у Вас судорожные припадки? Принимаете ли препараты?	
Была ли у Вас когда-либо реакция на контрастный препарат, применяемый при МРТ или КТ?	
Беременны ли Вы? Подозреваете беременность? Кормите грудью?	

**ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!**

**Наличие этих предметов при исследовании может быть опасно или может испортить МРТ- исследование из- за возникнувших артефактов**

Укажите, есть ли у Вас что-либо из ниже перечисленного:	
Водитель сердечного ритма	
Имплантированный сердечный дефибрилятор	
Сосудистые клипсы после операции на головном мозге, сердце	
Протез сердечного клапана	
Нейростимулятор	
Имплантированный инсулиновый насос	
Металлическое устройство фиксации шеи и/или позвоночника	
Слуховой аппарат, ушной протез	
Любой тип внутрисосудистых фильтров, сеток и т.п. (например, фильтр Гюнтера)	
Протез орбиты/глаза	
Любой тип хирургического клипса	
Порт доступа к сосудам	
Внутри желудочковый шунт в головном мозге	
Любой имплантированный ортопедический объект (н-р, искусственный сустав, штифт, шуруп, пластина, проволока и т.п.)	
Зубные протезы (при наличии снять)	
Татуировка линии глаз или в другой области (металлические нити)	

Ф.И.О. Пациента \_\_\_\_\_

Подпись: \_\_\_\_\_

Дата рождения пациента \_\_\_\_\_

Дата исследования: \_\_\_\_\_

Ф.И.О. врача \_\_\_\_\_

Подпись \_\_\_\_\_