

На правах рукописи

АЛЕКСАНДРОВА СВЕТЛАНА АЛЕКСАНДРОВНА

**КОМПЬЮТЕРНАЯ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ
У ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ РИТМА СЕРДЦА**

3.1.20. Кардиология

3.1.25. Лучевая диагностика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

МОСКВА - 2026г.

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

Научные консультанты:

д.м.н., профессор, академик РАН
д.м.н.

Голухова Елена Зеликовна
Мухортова Ольга Валентиновна

Официальные оппоненты:

Васильева Елена Юрьевна – доктор медицинских наук, профессор, президент Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница им. И.В. Давыдовского ДЗМ» (специальность 3.1.20 Кардиология);

Сафарова Айтен Фуад кызы – доктор медицинских наук, профессор кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики им. В.С. Моисеева института клинической медицины ФГАОУ ВО «РУДН имени Патриса Лумумбы» (специальность 3.1.20. Кардиология);

Стукалова Ольга Владимировна – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела томографии ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России, г. Москва (специальность 3.1.25. Лучевая диагностика).

Ведущая организация: Государственный научный центр Российской Федерации ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»

Защита диссертации состоится «18» декабря 2026 года в «14-00» часов на заседании диссертационного совета 21.1.038.01 при ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России по адресу: 121552, Москва, Рублевское шоссе, 135, конференц-зал № 2.

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

Автореферат разослан «16» ноября 2026 года.

Ученый секретарь

диссертационного совета 21.1.038.01

доктор медицинских наук

Д. Ш. Газизова

Актуальность темы исследования

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности

Аритмология — один из наиболее актуальных разделов кардиологии, включающий различные методы диагностики и лечения нарушений ритма сердца (НРС). Актуальность изучения этих нарушений объясняется их широкой распространённостью: ежегодно аритмия является причиной более 300 тысяч летальных исходов [Голухова Е.З., 2020]. Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в России относится к числу самых высоких в мире, а основными её причинами выступают прогрессирующая хроническая сердечная недостаточность и внезапная сердечная смерть (ВСС) [Михайлов Е.Н и соавт., 2025, Максимов Т.В. 2022]. Нередко ВСС становится первым и последним проявлением заболевания, наиболее частый механизм ВСС — желудочковая тахикардия (ЖТ) [Михайлов Е.Н и соавт., 2025]. При структурных изменениях миокарда (СИМ) и наличии сложных желудочковых аритмий (ЖА), таких как полиморфные желудочковые экстрасистолы (ЖЭС) и ЖТ, риск ВСС повышается [Благова О.В., 2013]. Пациенты с фибрилляцией предсердий (ФП) имеют средний риск ВСС. При этом ФП является одним из наиболее распространённых нарушений ритма у взрослого населения: её распространённость составляет от 2% до 4% [Голицын С.П. и соавт., 2025], а сама ФП выступает независимым фактором повышения риска смерти от сердечно-сосудистых заболеваний. В настоящее время лечение различных нарушений ритма и сердечной недостаточности развивается одновременно в нескольких направлениях: с помощью антиаритмических препаратов; имплантацией различных устройств (варианты электрокардиостимуляторов (ЭКС), имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы (ИКД), различные аппараты для сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ)); путём радикального лечения тахиаритмий малоинвазивными катетерными методами (катетерная абляция). Однако любая методика имеет свои, зачастую

жизнеугрожающие, осложнения и ограничения. Помимо этого, вследствие несовершенства определения групп риска пациентов, нуждающихся в имплантации различных устройств и/или хирургической коррекции, на сегодня остаётся открытой проблемой стратификация риска ВСС [Бердибеков Б.Ш. и соавт., 2025]. Минимизация осложнений, углублённое изучение патогенеза аритмий и идентификация патологических очагов с целью стратификации рисков являются ключевыми задачами современной диагностики.

Выявление структурных изменений миокарда, являющихся факторами риска ВСС, осуществляется методами лучевой диагностики. Магнитно-резонансная томография с отсроченным контрастированием (МРТ с КУ) признана «золотым стандартом» оценки фиброза миокарда ишемической и неишемической этиологии [Flett A.S. et al., 2011]; корреляция зон отсроченного контрастирования (LGE) с развитием жизнеугрожающих аритмий подтверждена рядом работ [Голухова Е.З. и соавт., 2021], также предложены алгоритмы отбора пациентов для имплантации ИКД на основании анализа данных МРТ с КУ [Klem I. et al., 2012]. При ФП мультиспиральная компьютерная ангиография (МСКТ-АГ) и МРТ с КУ обеспечивают высокоточную оценку левого предсердия (ЛП), что значимо для прогноза риска осложнений и выбора тактики лечения [Бокерия Л.А. и соавт., 2014; Аракелян М.Г. 2023].

Однако применение этих методов у пациентов с аритмиями в клинической практике ограничено артефактами, снижающими качество изображений; отсутствуют стандартизированные диагностические алгоритмы, минимизирующие влияние аритмий, не решены вопросы диагностической эффективности оценки морфофункционального состояния миокарда с помощью МРТ при различных типах нарушений ритма и влияния фиброза на прогноз. Наличие МРТ-совместимых имплантированных устройств

усложняет исследование, а при необходимости динамического контроля состояния миокарда его проведение должно осуществляться только с возможностью корректировки протоколов. Данные отечественной литературы по МРТ сердца в этой группе пациентов отсутствуют.

Таким образом, необходимость повышения эффективности диагностики морфофункционального состояния миокарда и стандартизация методик МСКТ-АГ и МРТ у пациентов с различными нарушениями ритма сердца являются перспективное направление, внедрение которого в диагностический алгоритм персонализирует выбор тактики лечения.

Цель исследования

Оптимизация диагностики морфофункционального состояния миокарда методами мультиспиральной компьютерной и магнитно-резонансной томографии для персонализации тактики лечения пациентов с различными нарушениями ритма сердца.

Задачи исследования

1. Определить диагностическую эффективность методов томографической визуализации в выявлении структурных изменений миокарда, формирующих аритмогенный субстрат и систолическую дисфункцию ЛЖ у пациентов с НРС.
2. Разработать методы комплексной оценки морфофункциональных параметров ЛП с использованием МСКТ-АГ и МРТ, позволяющие выявить диагностически и прогностически значимые показатели, ассоциированные с развитием ФП и ее рецидивом после процедуры аблации.
3. Изучить роль морфофункциональных изменений миокарда, выявляемых при МРТ, в развитии ЖА и их взаимосвязь с вероятностью срабатывания ИКД.
4. Провести анализ морфофункциональных параметров миокарда по данным МРТ у пациентов со сниженной фракцией выброса для оценки влияния ремоделирования миокарда на вероятность срабатывания ИКД и эффективность ресинхронизирующей терапии.

5. Оценить роль МРТ и МСКТ в динамическом наблюдении за пациентами с аритмиями до и после интервенционных вмешательств.
6. Оценить эффективность и целесообразность рутинного применения ЭКГ-синхронизации при МСКТ-АГ для анализа анатомии ЛП и ЛВ у пациентов с ФП.
7. Провести анализ влияния аритмий на качество МР-изображений и оценку функции миокарда, сопоставить методы количественного определения фиброза миокарда, а также разработать рекомендации по оптимизации протоколов визуализации и постобработки у пациентов с нарушениями ритма.

Научная новизна

Диссертационная работа представляет собой первое комплексное обобщающее исследование, посвященное сравнительной оценке современных томографических методов кардиовизуализации (МРТ и МСКТ-АГ) при диагностике и стратификации риска у пациентов с НРС. Впервые на большом клиническом материале определена диагностическая ценность указанных методов для выявления структурных изменений миокарда, установления причин формирования аритмогенного субстрата и факторов, способствующих снижению систолической функции ЛЖ. В работе впервые проведён подробный анализ методических особенностей выполнения МРТ и МСКТ-АГ у данной категории пациентов, а также дана комплексная сравнительная характеристика влияния аритмий на качество визуализации, точность оценки морфофункциональных параметров миокарда и анатомии левого предсердия. Впервые сопоставлены различные методики количественной оценки степени фиброза миокарда с последующим формированием рекомендаций по постобработке МРТ исследований у пациентов с НРС. Впервые выполнено сравнение морфофункциональных характеристик ЛП и определены прогностически значимые показатели, ассоциированные с наличием и рецидивом ФП после выполнения радиочастотной абляции (РЧА). Проведена

сравнительная оценка морфофункциональных изменений сердца при различных формах аритмий, выявлены признаки изменения миокарда, определяющих неблагоприятное течение ЖА и риск ВСС, а также установлены причины снижения систолической функции. Отдельное внимание уделено пациентам с имплантированными устройствами: предложен алгоритм минимизации артефактов при проведении МР- исследований сердца. Впервые обоснована необходимость более широкого и стандартизированного внедрения современных методов томографической визуализации в клиническую практику для персонализации подходов к выбору тактики лечения пациентов с аритмиями.

Теоретическая и практическая значимость работы

В проведённом исследовании детально анализируются современные возможности МРТ, МСКТ-АГ в диагностике, стратификации риска и мониторинге пациентов с нарушениями ритма сердца. Установлено значение МРТ с отсроченным контрастированием для идентификации аритмогенного субстрата при различных типах аритмий, а также для определения степени и распределения фиброза миокарда как ключевого патофизиологического маркера. Проведён сравнительный анализ методик количественной оценки фиброза, что позволило выделить наиболее воспроизводимые и клинически значимые алгоритмы постобработки данных. Полученные результаты углубляют представления о взаимосвязи морфофункциональных изменений миокарда с клиническим течением аритмий, прогностической значимостью структурных и функциональных параметров предсердий и желудочков, а также патогенезом осложнений интервенционного лечения. Данное исследование вносит вклад в развитие концепций персонализированной медицины в аритмологии, расширяя теоретическую базу для дальнейших исследований в области неинвазивной диагностики и стратификации риска у данной категории пациентов.

Практическая значимость работы заключается в разработке и внедрении в клиническую практику алгоритмов точного выявления морфофункциональных изменений миокарда у пациентов с НРС с использованием современных методов томографической визуализации. На основании полученных данных сформулированы конкретные рекомендации по выбору оптимальных протоколов визуализации, стандартизации методик постобработки и интерпретации результатов, что обеспечивает сопоставимость данных в мультицентровых исследованиях и рутинной практике. В работе определены прогностически значимые пороговые значения морфометрических и функциональных показателей, позволяющие стратифицировать риск рецидива ФП после РЧА и риск срабатывания ИКД в различных группах пациентов, а также обосновать показания к проведению ресинхронизирующей терапии. Предложены подходы к минимизации артефактов при визуализации у пациентов с активными имплантированными устройствами, что повышает информативность и безопасность исследований. Внедрение данных рекомендаций способствует персонализации тактики ведения пациентов, оптимизации маршрутизации и профилактике жизнеугрожающих осложнений.

Методология и методы исследования

Диссертационная работа выполнена на базе ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России. Сбор материала осуществлялся посредством обследования и лечения пациентов в отделениях ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева». Анализ результатов исследований проведён автором на основании представленной медицинской документации. Диссертационная работа проводилась поэтапно и включало как методический, так и клинический этапы. В методической части подробно рассмотрены особенности проведения томографических исследований у пациентов с аритмиями. Проведён сравнительный анализ качества функциональных МРТ-изображений, изучены

подходы к оценке LGE-MPT-изображений, а также сопоставлено качество МСКТ-АГ ЛП, выполненной с использованием ЭКГ-синхронизации и без неё у больных с НРС. Клиническая часть исследования посвящена оценке возможностей МСКТ-АГ и МРТ с КУ в выявлении морфофункциональных изменений миокарда у пациентов с различными НРС. Определена диагностическая эффективность методов томографической визуализации в выявлении СИМ у данной категории пациентов. Проведён анализ параметров ЛП с целью прогноза рецидива ФП после РЧА. Выявлены морфофункциональные изменения миокарда, характерные для жизнеугрожающих аритмий, систолической дисфункции и ремоделирования миокарда, ассоциированного с неблагоприятным прогнозом. Анализ полученных результатов, выполненный с применением современных статистических методов, позволил сформулировать обоснованные выводы

Положения, выносимые на защиту

1. Современные методы томографической визуализации обладают высокой диагностической эффективностью в выявлении структурных изменений миокарда; включение этих методов в диагностический алгоритм на ранних этапах обследования обеспечивает персонализированный подход к выбору тактики лечения пациентов с НРС.
2. Для точной оценки анатомии ЛП у пациентов с ФП оптимальным методом является МСКТ-АГ с ЭКГ-синхронизацией, которая позволяет достоверно чаще выявлять анатомические особенности стенки ЛП.
3. Морфофункциональные параметры ЛП, определяемые при томографических методах визуализации, обладают высокой прогностической ценностью для стратификации риска рецидива ФП после РЧА.
4. Количественная оценка объёма фиброза ЛЖ, выявляемая при МРТ с отсроченным контрастированием, является высокоспецифичным и

чувствительным методом стратификации риска срабатывания ИКД у пациентов с ЖА, в том числе у пациентов с умеренной и низкой ФВ ЛЖ.

5. Для оценки целесообразности ресинхронизирующей терапии у пациентов с ФВ ЛЖ менее 35%, а также прогнозирования ее эффективности рекомендуется проведение количественной оценки фиброза миокарда ЛЖ с использованием МРТ с отсроченным контрастированием.

6. Для обеспечения корректности сопоставления данных мультицентровых исследований и при динамическом наблюдении в клинической практике необходима обязательная стандартизация протокола исследования, предусматривающая четкое указание используемых последовательностей и методов постобработки, что позволяет минимизировать вариабельность результатов, повысить достоверность и обеспечить воспроизводимость данных между центрами и специалистами.

7. Для оценки размеров, объёмов и функциональных параметров ЛП возможно применение как МСКТ-АГ, так и МРТ. Однако при сравнительном анализе данных, полученных с использованием различных томографических методов визуализации, необходимо применять унифицированную методику расчёта и выбирать одну и ту же фазу сердечного цикла.

8. Качество томографических изображений и точность количественной оценки морфофункциональных параметров сердца при аритмиях зависят от типа синхронизации и используемой методики анализа, при этом минимизация артефактов достигается переходом с ретроспективной на проспективную ЭКГ-синхронизацию; использование режима «Real-Time» дополнительно снижает количество артефактов.

9. Проведение МРТ сердца у пациентов с активными МР-совместимыми имплантированными устройствами признано безопасным при условии выполнения исследований в специализированных учреждениях с междисциплинарным взаимодействием. Для минимизации артефактов

рекомендуется использовать последовательность SGE вместо SSFP, а при наличии артефактов на LGE-изображениях применять WB LGE.

Соответствие диссертации паспортам научных специальностей

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.20 Кардиология, пункту 13 «Современные инвазивные и неинвазивные диагностические технологии у больных с сердечно-сосудистой патологией», а также научной специальности 3.1.25. Лучевая диагностика, пунктам 1 «Диагностика и мониторинг физиологических и патологических состояний, заболеваний, травм и пороков развития (в том числе внутриутробно) путем оценки качественных и количественных параметров, получаемых с помощью методов лучевой диагностики» и 3 «Определение информативности отдельных параметров (диагностических симптомов) и их сочетания (диагностических синдромов) для углубленного изучения этиологии, патогенеза, диагностики, эффективности лечения и исхода заболеваний, травм, патологических состояний и врожденных пороков развития (в том числе внутриутробно) с помощью методов лучевой диагностики».

Внедрение результатов исследования в практику

Основные положения диссертационного исследования внедрены в клиническую практику ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, а также могут быть использованы в кардиологических, кардиохирургических, диагностических центрах и медицинских учреждениях, специализирующихся на диагностике и лечении пациентов со сложными нарушениями ритма. Результаты выполненной работы используются в преподавательской деятельности кафедры кардиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики с курсом детской кардиологии Института подготовки кадров высшей квалификации и профессионального образования ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России.

Степень достоверности и апробация результатов исследования

Степень достоверности результатов исследования обусловлена значительным объемом обследованной выборки пациентов ($n=703$), применением современных методов томографической диагностики, а также использованием актуальных подходов к статистической обработке полученных данных.

Основные результаты работы доложены на российских и международных конференциях, в числе которых: российских и международных конференциях, в числе которых: VII, X, XI, XII Международные конгрессы «Кардиоторакальная радиология», 2020г, 2023 - 2025г.; VI, VII, VIII Научно-практические конференции с международным участием «Желудочковые нарушения ритма сердца: диагностика, лечение, профилактика» 2022г, 2023г, 2025г (Москва); XIV Всероссийский семинар посвященного памяти профессора Н.А. Белоконь «Сердечная недостаточность у детей. Стратегии диагностики и лечения XXI века», 2025г (Санкт-Петербург); XXIV, XXV, XXVI и XXVII ежегодные сессии ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России 2021г - 2024г (Москва); XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XXX Всероссийские съезды сердечно-сосудистых хирургов России ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России 2020 – 2024гг (Москва); European Congress of Radiology «ECR» 2024г, Вена (Австрия); V Санкт-Петербургский аритмологический форум (Всероссийская конференция с международным участием) 2024г (Санкт-Петербург); Научно-практическая конференции «Мультимодальная диагностика и лечение заболеваний сердца. Кардиомиопатии и клапанные пороки», 2024г (Волгоград); XVII Всероссийский национальный конгресс лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2023», 2023, Москва; XVI Всероссийский национальный конгресс лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2022», 2022, Москва; XIV Всероссийский национальный конгресс лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2020», 2020, Москва; V Международная

конференция «Спорные и нерешенные вопросы кардиологии» 2023г; 104 и 106 Конгрессы Российского общества Рентгенологов и Радиологов, 2020г, 2022г (Москва); X Конференция с международным участием «Креативная кардиология & кардиохирургия. Новые технологии диагностики и лечения заболеваний сердца», 2022г (Москва); XII Международный конгресс «Невский радиологический форум – 2021», 2021г (Санкт-Петербург); XIV Всероссийский форум «Вопросы неотложной кардиологии – 2021», 2021г (Москва); III Московский конгресс кардиологов с международным участием 2021г, (Москва); XX Российский конгресс «Инновационные технологии в педиатрии и детской хирургии» с международным участием 2021г (Москва); VI Всероссийская школа с Международным участием «Визуализация в кардиохирургии. Пороки сердца и нарушения ритма» 2021г (Москва); Школа Российского общества рентгенологов и радиологов «Кардиоторакальная радиология в период пандемии коронавирусной инфекции» 2020 г.; XI Всероссийский конгресс «Детская кардиология 2020» 2020г; и др.

Апробация диссертационного исследования проведена на объединенной клинической конференции отделений ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России 8 апреля 2026г. Номер и дата протокола: № 4 от 08.04.2026 года.

По теме диссертационного исследования опубликована 21 печатная работа: 1 глава в книге, 20 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК), 10 статей в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 308 страницах компьютерного текста, состоит из введения; обзора литературы, описания материалов и методов исследований, двух глав результатов собственных исследований,

обсуждения и заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы. Работа иллюстрирована 48 таблицами и 98 рисунками. Список литературы состоит из 309 источников, в том числе 245 на иностранных языках

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

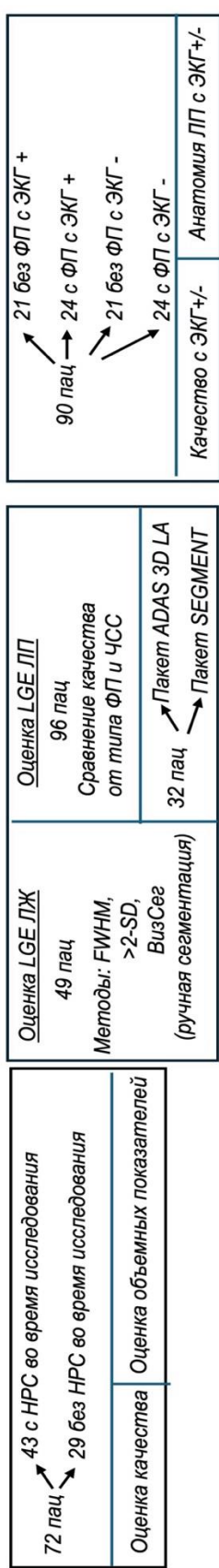
Материалы и методы исследования

В исследование было включено 703 пациента: 393 мужчины (56%) и 310 женщин (44%) в возрасте от 16 до 82 лет, направленных на обследование в отдел рентгенодиагностики, компьютерной и магнитно-резонансной томографии ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России в период с 2010 по 2022 год.

Для решения поставленных в исследовании задач были сформированы пять групп пациентов и проанализированы 799 исследований: 265 исследований МСКТ-АГ сердца (33%), выполненных у 238 пациентов и 534 исследований МРТ сердца (67%). Оба метода (МСКТ-АГ и МРТ сердца) были проведены у 69 пациентов (9%). МСКТ-АГ сердца в динамике выполнено у 26 пациентов (всего 53 исследования) (Рисунок 1).

Работа состояла из двух этапов (рисунок 1): **первый этап** — изучение методических аспектов томографических исследований у пациентов с НРС: сравнение качества функциональных МРТ-изображений, анализ методики оценки МРТ LGE-изображений и анализ качества МСКТ-АГ-изображений ЛП, полученных с ЭКГ-синхронизацией и без неё у пациентов с НРС; **второй этап** — оценка морфофункциональных изменений миокарда у пациентов с различными НРС с использованием МСКТ-АГ и МРТ сердца

Критерии включения пациентов в исследование: наличие клинического диагноза НРС: ФП, ЖЭС более 1000 в сутки, сопровождающиеся синкопальными состояниями, ЖТ; возраст 16 лет и старше; для группы сравнения — пациенты без НРС с аналогичными антропометрическими данными.



Методические аспекты томографических исследований у пациентов с НРС

I этап

703 пациента: 799 исследований:				
ГРУППЫ:				
1 - без НРС	2 - ФП	3 - ЖА	4 - СН	5 - после операции
81 «условно здоровые» 42 — МСКТ-АГ; 39 — МРТ + 19 ГКМП без НРС (МРТ)	223 пац с ФП 168 — МСКТ-АГ; 124 — МРТ; 69 - МСКТ-АГ и МРТ	267 пац с ЖЭС и ФВ ЛЖ ≥ 50% 267 МРТ исследований	79 пац с НРС и ФВ ЛЖ < 50% 79 МРТ исследований	34 пациента с НРС после проведения вмешательств 55 — МСКТ-АГ; 6 — МРТ

II этап

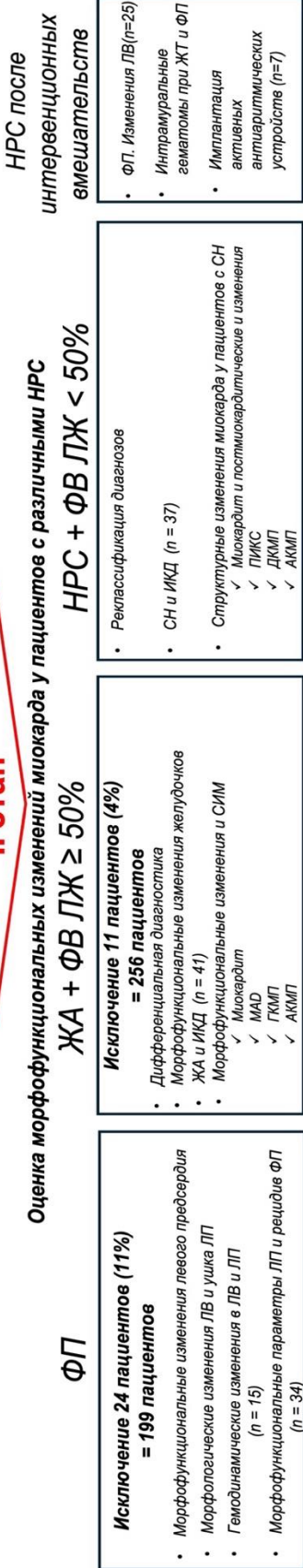


Рисунок 1 - Схема дизайна исследования

Критерии не включения пациентов в исследования: возраст < 16 лет; противопоказания к проведению МРТ и МСКТ-АГ исследованиям (наличие МР-несовместимых активных устройств, сосудистых клипс головного мозга, инородных металлических предметов в глазницах; аллергические реакции на гадолиний в анамнезе, клаустрофобия; беременность; аллергические реакции на йодсодержащие контрастные вещества в анамнезе); скорость клубочковой фильтрации (СКФ) менее 30 мл/мин/1,73 м² (по СКД-EPI); гемодинамически значимые изменения коронарных артерий; врожденные и/или приобретенные пороки сердца.

Критерии исключения пациентов *из первой группы* являлись наличие симптомов, указывающих на сердечно-сосудистые заболевания, наличие в анамнезе ИБС, сердечной недостаточности, ФП либо перенесённых вмешательств на органах сердечно-сосудистой системы. Для нивелирования этого фактора в группу «условно здоровых» были включены 19 пациентов с ГКМП без нарушений ритма сердца. *Во второй группе* пациентов результаты томографических исследований привели к пересмотру диагноза у 24 пациентов (11%), что повлияло на тактику лечения и послужило критерием исключения их из дальнейшего исследования: у 15 пациентов (63% случаев) были выявлены признаки кардиомиопатий (10 чел. - ГКМП, 5 чел. - РКМП); у 8 пациентов (33%) обнаружены образования (в 1 случае периферическое образование нижней доли правого легкого, у 7 пациентов - образования в сердце); в 1 случае выявлен дефект МПП с частичным аномальным дренажем правой верхней легочной вены в верхнюю полую вену. *В третьей группе* пациентов результаты МРТ сердца привели к исключению 11 пациентов из дальнейшего исследования: у 5 пациентов (2%) выявлены ишемический изменения миокарда; у 2 пациентов - амилоидоз (0,7%); у 1 пациента образование миокарда ЛЖ (0,4%).

Всем пациентам, включенным в исследование выполнены стандартные общеклинические, традиционные рентгенологические и инструментальные методы исследования: ЭКГ в 12 отведениях; холтеровское мониторирование;

ЭхоКГ; исследование коронарных артерий (у мужчин старше 40 лет и женщин старше 45 лет - наличие гемодинамически значимых стенозов являлось основанием для исключения пациентов из исследования).

Мультиспиральная компьютерная томографическая ангиография органов грудной клетки, включая камеры сердца (ЛП и ЛВ), выполнялась на следующих мультиспиральных томографах: 128-срезовый томограф Siemens Somatom Definition AS (Siemens, Германия) с одним источником рентгеновского излучения, параметры сканирования — $128 \times 0,6$ мм (пространственное разрешение 0,6 мм), время вращения гентри — 300 мс; 256-срезовый томограф Siemens Somatom Definition Flash (Siemens, Германия) с двумя источниками рентгеновского излучения, расположенными под углом 95° , имеющий 128-канальный ряд из двух детекторов ($2 \times 128 \times 0,6$ мм, пространственное разрешение 0,3 мм), время вращения гентри — 300 мс; 256-срезовый томограф Brilliance iCT (Philips), коллимация — $2 \times 128 \times 0,625$ мм, формирование 128 перекрывающихся срезов толщиной 0,625 мм с использованием динамического фокального пятна по оси z, время вращения гентри — 270 мс, толщина среза — 0,9 мм, интервал реконструкции — 0,45 мм. Напряжение на рентгеновской трубке подбиралось индивидуально в зависимости от индекса массы тела пациента. Сила тока определялась автоматически с использованием методики автоматической модуляции. В зависимости от задач исследования сканирование пациентов выполнялось с использованием ЭКГ-синхронизации и без неё. При сканировании с ЭКГ-синхронизацией применялся ретроспективный метод синхронизации с автоматической модуляцией силы тока. Для оценки дефектов контрастирования в УЛП сканирование повторяли с теми же параметрами, но при движении стола в краниокаудальном направлении.

Оценка качества МСКТ-АГ изображений у пациентов с ФП проводилась по аксиальным срезам в артериальную фазу с использованием показателя выраженности артефактов на уровнях ушка ЛП (рисунок 2), МПП и крыши ЛП. Три кардиорентгенолога с опытом выполнения МСКТ-АГ сердца

более трёх лет независимо друг от друга оценивали степень выраженности артефактов, вычислялось среднее значение выраженности артефактов. Между разными исследователями была выявлена хорошая согласованность ($k = 0,80$).



Рисунок 2 - МСКТ-АГ, аксиальный срез, артериальная фаза. Оценка качества изображений на уровне УЛП: А - 0 отличное (границы ушка четко определены); Б - 1 - нормальное (четкость границ ушка частично размытыми, но определяются / оценке изображений почти не мешают); В - 2 - плохое (границы ушка заметно размыты и / или трудно определить / оценка изображений не возможна).

МРТ сердца выполнялись на томографе «Magnetom Avanto» (Siemens, Германия) с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла, с высокопроизводительной системой градиента. Выбор импульсных последовательностей осуществлялся с учетом конкретных клинических задач и включал исследование функции сердца (кино-сканирование (SSFP) и фазово-контрастный режим); исследование морфологии (тканевых характеристик) миокарда; введение контрастного вещества и проведение отсроченного контрастирования (для оценки структурных изменений миокарда ЛЖ выполняли последовательности быстрой фазово-чувствительной инверсии-восстановления (turbo-flash phase sensitive inversion recovery, PSIR), для оценки структурных изменений миокарда левого предсердия применяли импульсную градиентную (3D IR GE) последовательность с высоким пространственным разрешением, одновременной респираторной и ЭКГ-навигацией, а также подавлением сигнала от жира). При визуализации артефактов, связанных с

нарушением ритма, или в зависимости от задач исследования мы также применяли последовательность в режиме реального времени (Real-time) и выполняли сканирование с различными типами синхронизации. Сканирование в обоих режимах проводилось в идентичных плоскостях.

Анализ MPT изображений производился с использованием специализированных пакетов программ для обработки кардиоизображений. Количественную оценку фиброза ЛП проводили с использованием доступного программного обеспечения для постобработки изображений Segment (версия 1.0 RXXXXXX (Medviso, segment.heiberg.se) (вариант 1) и ADAS 3D LA (Galgo Medical, Барселона, Испания) (вариант 2) (рисунок 3).



Рисунок 3 - MPT LGE левого предсердия. Пример расчета фиброза ЛП: А - программа Segment, аксиальный срез, сиреневый цвет – обводка эндоконтура ЛП, желтым цветом выделен фиброз ЛП; Б - 3D построение карты фиброза ЛП программы Segment, вид сзади, желтым цветом показаны участки фиброза; В - построение фиброза с помощью программы ADAS 3D, вид сзади.

Оценка отсроченного контрастирования миокарда ЛЖ.

Полуколичественный анализ LGE рассчитывает процент рубцовой ткани от общей массы миокарда ЛЖ (рисунок 4), для сравнения проводилась оценка тремя методами: FWHM, где область интереса отмечается непосредственно в зоне поражения миокарда (рисунок 4Б), >2 -SD область интереса определяется в интактном миокарде (рисунок 4В); ручной метод сегментации, где оператор выделяет LGE самостоятельно (рисунок 4Г).

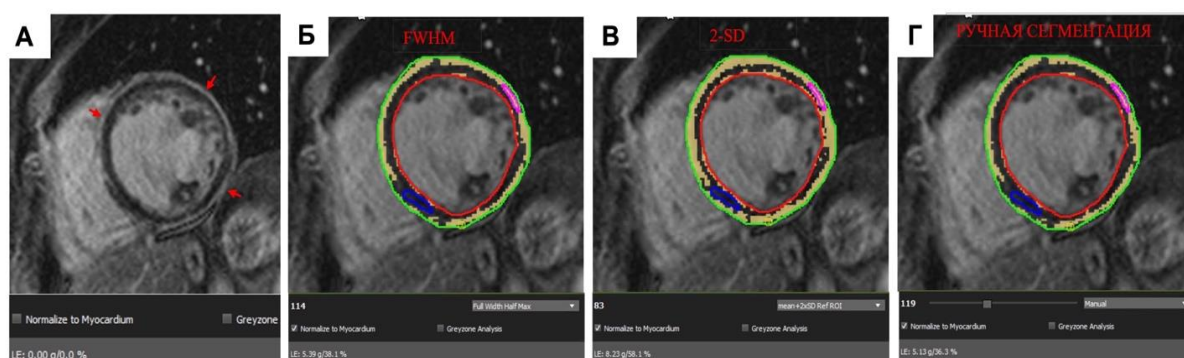


Рисунок 4 - МРТ LGE, короткая ось. Примеры количественной оценки степени фиброза миокарда ЛЖ (%), сравнение трех методов на одном уровне: А – участки отсроченного контрастирования указаны стрелками; Б – метод FWHM, объем пораженного миокарда 38,1%; В – метод $>2\text{-SD}$, 58,1%; Г - ручная сегментация участков LGE, 36,3% пораженного миокарда.

Для оценки качества кино-изображений у пациентов с нарушением ритма сердца применяли показатель выраженности артефактов, основанный на определении границ эндокарда и эпикарда (рисунок 5). Три кардиорентгенолога с опытом выполнения МРТ сердца более 5 лет независимо друг от друга оценивали степень выраженности артефактов, используя предложенный показатель. Отдельно оценивались изображения в диастолу и систолу ЛЖ, вычислялось среднее значение показателя выраженности артефактов по всем срезам левого желудочка.

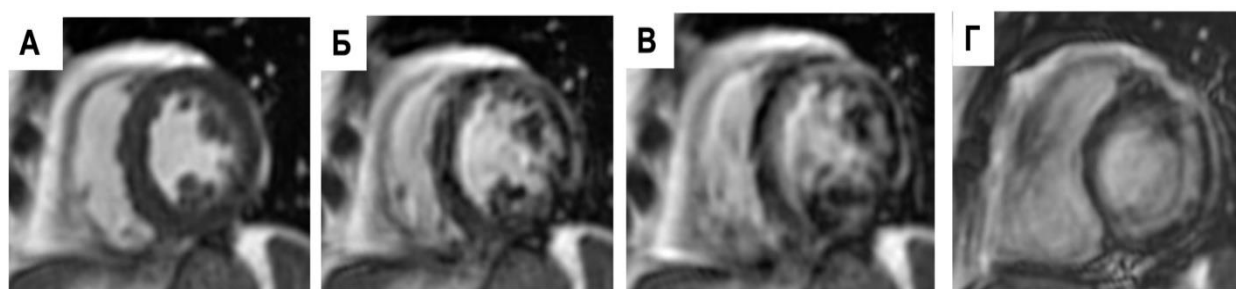


Рисунок 5 - МРТ кино – изображения, короткая ось. Оценка качества по 4-бальной шкале: А - 0 баллов, качество очень хорошее (границы левого желудочка четко определены); Б – 1 балл, качество хорошее (границы левого желудочка могут быть частично размытыми, но определяются / оценке изображений почти не мешают); В – 2 балла, качество плохое (границы левого желудочка заметно размыты и / или трудно определить / оценка изображений затруднена, но все еще возможна); Г – 3 балла, качество очень плохое (границы левого желудочка не определяются / оценка изображений невозможна).

Для оценки межисследовательской воспроизводимости случайным образом было выбрано 15 исследований. Анализ проводился двумя рентгенологами с опытом работы с МРТ сердца более 5 лет.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы «IBM SPSS STATISTICS, версия 26» и Jamovi Version 2.3.21.0.

Результаты исследования

Методические аспекты томографических исследований у пациентов с нарушениями ритма сердца

Возможности проведения кино-режима МРТ для оценки функции левого желудочка у пациентов с нарушением ритма сердца

Для сравнения качества функциональных МРТ-изображений у 72 пациентов, разделённых на две подгруппы, оценивали выраженность артефактов в последовательности SSFP при ретроспективной ЭКГ-синхронизации, проспективной ЭКГ-синхронизации и ретроспективной синхронизации по пульсу, а также в последовательности Real-time в фазах систолы и диастолы. Первую подгруппу (I) составили 43 пациента с зарегистрированными во время исследования нарушениями ритма; вторую (II) — 29 пациентов без признаков нарушения ритма на момент проведения МРТ. Максимальный ($0,605 \pm 0,4$) показатель артефактов у пациентов I подгруппы выявлялся в фазу систолы при использовании последовательности SSFP с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией. В аналогичных условиях у пациентов II подгруппы данный показатель составил $0,207 \pm 0,2$, что имело статистически значимые различия ($p < 0,0001$). Последовательность «Real-time» обеспечивала минимальные показатели артефактов в обеих подгруппах, и различия между пациентами I и II подгрупп были статистически незначимы как в фазу систолы ($p = 0,868$), так и в фазу диастолы ($p = 0,8843$). Сравнительный анализ качества изображений у пациентов I подгруппы показало, что в фазу конечной диастолы показатель артефактов при использовании последовательности SSFP с ретроспективной

ЭКГ-синхронизацией статистически значимо отличался от показателя при использовании последовательности «Real-time», однако не отличался от последовательности SSFP с проспективной ЭКГ-синхронизацией и от последовательности с ретроспективной пульсовой синхронизацией (рисунок 6а). В фазу конечной систолы у пациентов I подгруппы показатель выраженности артефактов при использовании последовательности SSFP с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией значимо отличалась как от такового при использовании последовательности «Real-time», так и от последовательности SSFP с проспективной ЭКГ-синхронизацией. При сравнении последовательности SSFP с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией и последовательности с ретроспективной пульсовой синхронизацией статистически значимых различий не выявлено (рисунок 6б). У пациентов II подгруппы статистически значимых различий в выраженности артефактов между различными последовательностями как в фазу диастолы ($p = 0,5561$), так и в фазу систолы ($p = 0,1878$) не отмечено.

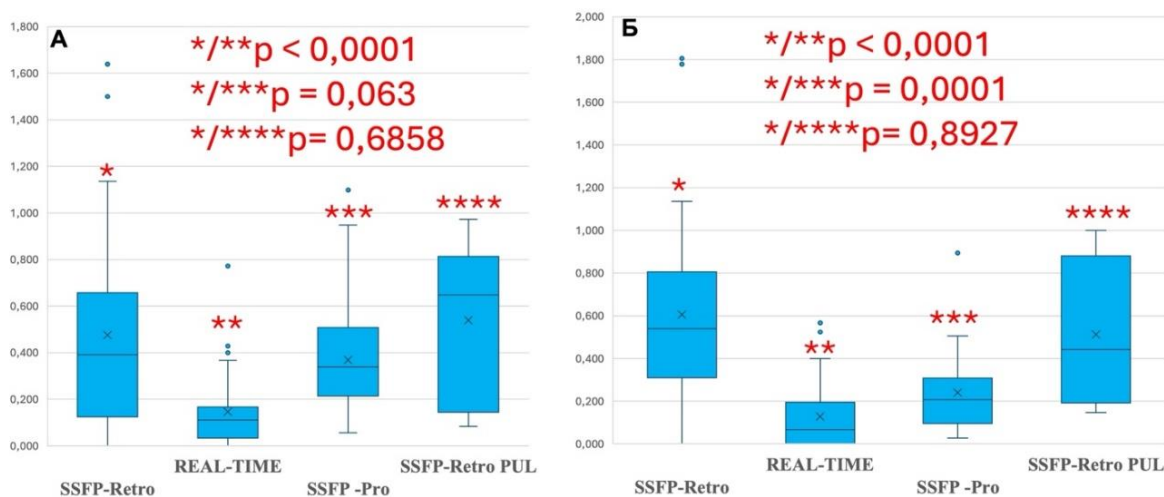


Рисунок 6 - Диаграмма сравнения качества изображения SSFP последовательности с разными видами синхронизации и последовательностью Real-time у пациентов с НРС во время сканирования (I подгруппа): А - фаза конечной диастолы; Б – фаза конечной систолы (SSFP-Retro – последовательность SSFP с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией; REAL-TIME – последовательность «Real-Time»; SSFP-Pro - последовательность SSFP с проспективной ЭКГ-синхронизацией; SSFP-Retro PUL - последовательность SSFP с ретроспективной синхронизацией по пульсу).

Сравнительный анализ объемных показателей ЛЖ, полученных с использованием последовательности SSFP с ретроспективной ЭКГ-синхронизации и режима Real-time у пациентов II подгруппу значимых различий в функциональных параметрах ЛЖ не выявил ($p > 0,05$). В то же время у пациентов I подгруппы при использовании последовательности SSFP с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией отмечается недооценка систолического объема ЛЖ ($p \leq 0,001$) по сравнению последовательностью Real-Time (таблица 1), и по сравнению с проспективной синхронизацией ($p \leq 0,001$). Это, вероятнее всего, связано с более выраженными артефактами в фазу систолы у пациентов с аритмиями во время сканирования. При сравнении функциональных показателей ЛЖ, полученных с использованием сегментированной SSFP-последовательности с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией и ретроспективной пульсовой синхронизацией у пациентов всех подгрупп, статистически значимых различий выявлено не было ($p > 0,05$).

Таблица 1 - Функциональные параметры ЛЖ, полученные с использованием SSFP последовательности с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией и Real-time				
	I подгруппа (n = 27)*		II подгруппа (n = 21)*	
	КДО ЛЖ, мл	КСО ЛЖ, мл	КДО ЛЖ, мл	КСО ЛЖ, мл
SSFP, с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией	167,3 ± 66,3	79,6 ± 48,0	174,0 ± 74,6	72,6 ± 60,5
Real - Time	165,3 ± 64,8	67,7 ± 46,9	169,7 ± 65,5	69,7 ± 60,1
p	0,6605	<u>0,0004</u>	0,3141	0,1895

*Примечание: статистически значимые показатели подчеркнуты ($p < 0,05$), * - расчёт был выполнен не у всех пациентов из двух подгрупп*

Таким образом, у пациентов с нарушением ритма сердца при проведении кино-MPT для минимизации артефактов следует изменить тип синхронизации с ретроспективного на проспективный, и дополнительно при наличии последовательность «Real-Time» использовать ее.

Особенности оценки изображений отсроченного контрастирования при магнитно-резонансной томографии сердца у пациентов с нарушениями ритма

Для количественной оценки и сравнения объемов фиброзно-изменённого миокарда ЛЖ у пациентов с ЖА использовали методы FWHM, >2-SD и ручную (визуальную) сегментацию участков LGE (ВизСег). Согласно полученным данным, объем фиброза, рассчитанный методом > 2-SD, составил $10,6 \pm 11,3\%$, методом FWHM — $6,5 \pm 8,3\%$, визуальным методом — $6,8 \pm 12,2\%$. При попарном сравнении методов выявлены статистически значимые различия между >2-SD и FWHM ($p = 0,008$), однако различия между визуальной оценкой и полуавтоматическими методами (2-SD и FWHM) статистически не значимы ($p = 0,157$ и $p = 0,271$ соответственно). FWHM продемонстрировал наибольшее соответствие с визуальной сегментацией ($ICC = 0,946$). Метод 2-SD существенно завышал общий объем LGE — практически в два раза по сравнению с FWHM и визуальной оценкой. Вероятнее всего, эта разница обусловлена тем, что при применении метода 2-SD область интереса выбирается в интактном миокарде, который характеризуется значительной неоднородностью и зависит от времени инверсии. Методика FWHM продемонстрировала превосходную воспроизводимость как внутри-, так и межисследовательских измерений. Визуальная оценка уступает данной методике, однако по сравнению с методом 2-SD внутри- и междуисследовательская воспроизводимость визуальной сегментации выше (рисунок 7).

Для количественной оценка фиброза миокарда ЛП случайным образом отобрали 32 исследования пациентов с ФП и сравнили два программных пакета: ADAS 3D LA (ADAS) и SEGMENT. Степень фиброза, определённая с использованием ADAS 3D ЛП, составила $10,4 \pm 11,2\%$, а с помощью SEGMENT — $14,1 \pm 7,6\%$. При сравнении этих методов были выявлены статистически значимые различия ($p = 0,013$).

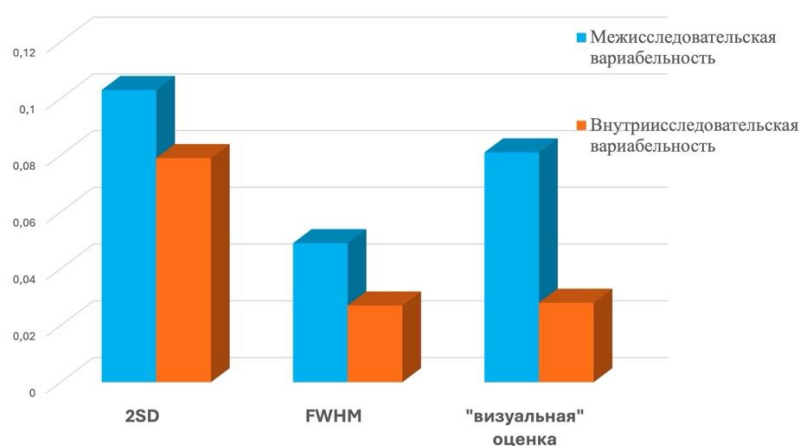


Рисунок 7 - Воспроизводимость количественной оценки LGE методами 2-SD, FWHM и визуальной оценки.

Примечание: внутриисследовательская и межисследовательская вариабельность для каждого метода количественной оценки LGE рассчитана как $(1 - ICC)$.

В то же время показатели степени фиброза ЛП умеренно коррелировали между собой ($R = 0,429$; $p = 0,018$). Анализ Блэнда–Альтмана показал среднее различие между двумя программными пакетами: LGE ЛП — $4,48 \pm 11,11\%$, что указывает на умеренное совпадение результатов ($ICC = 0,734$; $p < 0,001$). Таким образом, методы количественного определения степени фиброзных изменений миокарда ЛП являются сопоставимыми, однако между ними выявлены статистически значимые различия, что может иметь существенное значение при динамическом наблюдении пациентов.

После исключения нечитабельных исследований LGE ЛП (12%), анализ фиброза миокарда ЛП был выполнен у 96 пациентов. Исследования были разделены на две подгруппы: с хорошим качеством изображений и с плохим, которое наблюдалось в 40 (42%) случаях. Проведенное попарное сравнение различных типов ФП и качества изображений не выявило статистически значимых различий ($p > 0,5$). При сравнении ЧСС в этих подгруппах пациентов были получены статистически значимые различия ($p = 0,006$). Для дальнейшей оценки взаимосвязи между качеством изображений и ЧСС был проведён ROC-анализ, по результатам которого площадь под ROC-кривой составила $0,7697 \pm$

0,081 с 95% ДИ: 0,611-0,928. Полученная модель оказалась статистически значимой ($p = 0,003$). Пороговое значение ЧСС (cut-off) определено на уровне 81 уд/мин; при превышении данного значения существенно возрастала вероятность получения изображений неудовлетворительного качества. Чувствительность и специфичность метода составили 72,2% и 75,0% соответственно.

Возможности мультиспиральной компьютерной ангиографии сердца с ЭКГ-синхронизацией и без- в оценке анатомических особенностей левого предсердия у пациентов с «условной нормой» и ФП

Межгрупповое сравнение возможностей МСКТ-АГ сердца с ЭКГ-синхронизацией и без неё в оценке анатомических особенностей левого предсердия проводилось на четырёх подгруппах пациентов: I — 21 пациент из группы «условной нормы», которым выполнялось МСКТ-АГ с синхронизацией по ЭКГ; II — 24 пациента с ФП, которым также выполнялось МСКТ-АГ с синхронизацией по ЭКГ; III — 21 пациент из группы «условной нормы», которым исследование проводилось без ЭКГ-синхронизации; IV — 24 пациента с ФП, которым исследование выполнялось без ЭКГ-синхронизации. При анализе взаимосвязи между выраженностью артефактов и ЧСС не выявлено статистически значимой зависимости ($p > 0,05$). Из 45 пациентов, обследованных с использованием ЭКГ-синхронизации, у 13 (29%) были зафиксированы нарушения ритма во время сканирования. При оценке влияния нарушений ритма на показатели качества изображений была получена статистически значимая разница ($p < 0,001$). *Оценка анатомических особенностей ЛП в зависимости от протокола сканирования.* При проведении МСКТ с ЭКГ- и без ЭКГ-синхронизации сравнивались анатомические особенности стенки левого предсердия: наличие дивертикулов, дефекты контрастирования в дистальных отделах ушка, а также объем левого предсердия у пациентов с ФП. Средний объем ЛП у пациентов с ФП,

обследованных с ЭКГ-синхронизацией, составил $119,5 \pm 50,9$ мл, а у пациентов с ФП без ЭКГ-синхронизации — $125,3 \pm 44,2$ мл, различия между подгруппами не достигли статистической значимости ($p = 0,2466$). Дивертикулы визуализировались достоверно чаще при сканировании с ЭКГ-синхронизацией ($p=0,037$), тогда как дефекты контрастирования чаще определялись при сканировании без ЭКГ-синхронизации ($p=0,022$). При сопоставлении частоты выявления дивертикулов у пациентов с ФП и без неё, на изображениях, полученных с ЭКГ-синхронизацией, статистически значимых различий не обнаружено ($p=0,36$). Средняя лучевая нагрузка была выше у пациентов с нарушениями ритма во время сканирования, однако различия не достигли статистической значимости ($p = 0,136$). Полученные результаты подтверждают преимущество ЭКГ-синхронизации для оценки морфологии левого предсердия, особенно при наличии нарушений ритма.

Оценка структурных и морфофункциональных изменений миокарда у пациентов с нарушениями ритма сердца

Пациенты с фибрилляцией предсердий

Для комплексной оценки морфофункциональных параметров ЛП с использованием современных методов томографической визуализации после исключения пациентов в анализируемую группу пациентов с ФП вошло 199 человек (средний возраст $57,03 \pm 11,5$ лет; средний вес — $87,4 \pm 13,8$ кг, средний рост — $172,4 \pm 9,4$ см, мужчины - 65%). Из них МСКТ-АГ ЛП и ЛВ проведена 156 пациентам (78%), МРТ с КУ — 109 пациентам (55%), оба исследования выполнены 66 пациентам (30%). В группу «условно здоровых» включён 81 человек, из которых 42 (52%) прошли МСКТ-АГ, а 39 (48%) — МРТ сердца.

Передне-задний размер ЛП. В анализируемой группе по данным МРТ-исследования передне-задний размер ЛП в фазу систолы ЛЖ в среднем составлял $50,3 \pm 9,3$ мм, а в фазу диастолы — $42,4 \pm 10,5$ мм. По данным МСКТ-АГ в фазу диастолы левого желудочка этот показатель составил $42,3 \pm 9,4$ мм.

При сопоставлении передне-заднего размера, измеренного по МРТ в фазу диастолы, с аналогичным показателем по МСКТ-АГ статистически значимой разницы не выявлено ($p = 0,465$). С помощью ROC-анализа получено пороговое значение передне-заднего размера ЛП, которое бы указывало о высокой вероятности наличия ФП. При использовании МСКТ-АГ (в фазу диастолы ЛЖ) площадь под ROC-кривой составила $0,773 \pm 0,033$ (95% ДИ: 0,708–0,837), $p = 0,0001$. Пороговое значение передне-заднего размера в точке cut-off составило 38,5 мм, при этом чувствительность и специфичность метода составили 63,9% и 81% соответственно. По данным МРТ в фазу диастолы и систолы площади под ROC-кривой составили $0,854 \pm 0,044$ (95% ДИ: 0,767–0,940) и $0,806 \pm 0,055$ (95% ДИ: 0,705–0,907) соответственно, $p = 0,0001$. Пороговые значения передне-заднего размера в точке cut-off составили: в диастолу — 37,5 мм (чувствительность 60,4%, специфичность 95,2%), в систолу — 43,5 мм (чувствительность 70,8%, специфичность 71,4%). Превышение указанных значений ассоциировалось с высокой вероятностью наличия ФП у пациентов. *Объем ЛП.* Увеличение объема ЛП способствует развитию и поддержанию ФП. С помощью ROC-анализа были определены пороговые значения индексированного объема ЛП (ИОЛП) в фазу диастолы ЛЖ, полученные с использованием МСКТ-АГ и кино-МРТ, которые свидетельствуют о высокой вероятности наличия ФП у пациентов. Все полученные модели оказались статистически значимыми ($p = 0,0001$). По данным МСКТ-АГ площадь под ROC-кривой для ИОЛП составила $0,868 \pm 0,028$ (95% ДИ: 0,812–0,923), пороговое значение — 48,1 мл/м², чувствительность — 73%, специфичность — 89,5%. По данным кино-МРТ — $0,844 \pm 0,047$ (95% ДИ: 0,752–0,937), пороговое значение — 22,8 мл/м², чувствительность — 70,9%, специфичность — 90,5%. При оценке связи возраста пациента с размерами и объемами ЛП выявлены слабые, но статистически значимые прямые корреляции только между ИОЛП ($r = 0,288$, p

= 0,03), а также умеренная корреляционная связь с передне-задним размером ЛП ($r = 0,309$, $p = 0,014$). Таким образом, можно отметить тенденцию к увеличению размеров ЛП с возрастом. При оценке взаимосвязи объемных параметров ЛП с длительностью анамнеза ФП и ЧСС были установлены следующие корреляции: заметная прямая корреляция между длительностью ФП и ИОЛП по данным МРТ (ИОЛП-МРТ) как в фазу систолы ($r_{xy}=0,58$, $p<0,0001$), так и в фазу диастолы ЛЖ ($r_{xy}=0,60$, $p<0,001$); умеренная прямая корреляция между ЧСС и ИОЛП-МРТ как в фазу систолы ($r_{xy}=0,401$, $p=0,042$), так и в фазу диастолы ЛЖ ($r_{xy}=0,396$, $p=0,045$). *Фиброз миокарда ЛП.* При сравнении среднего объема фиброзно-измененного миокарда ЛП при различных формах ФП статистически значимых различий не выявлено ($p>0,05$). При оценке взаимосвязи степени фиброза в стенке ЛП с объемами ЛП, рассчитанными по данным МСКТ-АГ и МРТ с помощью корреляционного анализа, не удалось выявить значимых связей ни с абсолютным объемом ЛП, ни с индексированным объемом ЛП ($p > 0,329$). Была проанализирована взаимосвязь фиброзных изменений в стенке ЛП с другими анатомическими и функциональными параметрами ЛЖ, ПЖ и ЛП. Обнаружена умеренная значимая корреляция между структурными изменениями в стенке ЛП и объёмом ПЖ ($r_{xy} = 0,312$, $p = 0,023$). Статистически значимой корреляции между объёмом фиброзной ткани в стенке ЛП и возрастом ($p = 0,173$), а также длительностью фибрилляции предсердий ($p = 0,812$) не выявлено. *Морфологические изменения ЛВ и ушка ЛП у пациентов с ФП.* В дополнение к оценке размеров и объемов ЛП, был проведен анализ строения УЛП, МПП и морфологии ЛВ у пациентов без ФП ($n=42$) и с ФП ($n=156$), и не выявлено статистически значимых различий в зависимости от наличия ФП в анатомических характеристиках МПП ($p = 0,707$), наличия дивертикулов стенки ЛП (рисунок 8А) и/или дополнительные ушки (рисунок 8Б) ($p = 0,67$), в анатомии впадения ЛВ в ЛП ($p>0,05$).

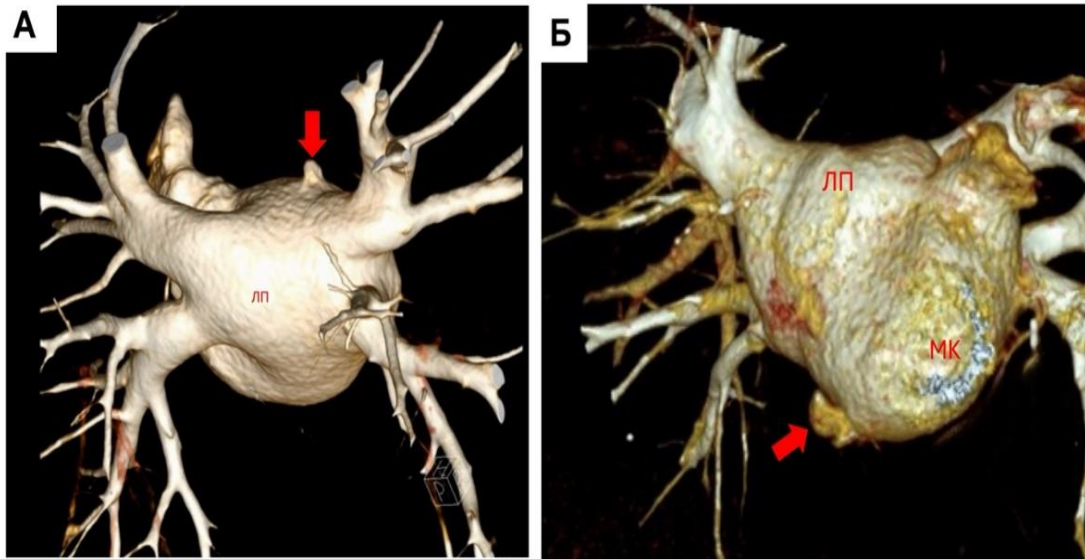


Рисунок 8 – МСКТ-АГ ЛП и ЛВ, 3D – VRT реконструкция: А – пример дивертикула, расположенного на крыше ЛП (стрелка), вид сзади; Б – пример дополнительного ушка ЛП, расположенного по ниже-латеральной стенке ЛП (стрелка), вид спереди.

Роль морфофункциональных параметров ЛП в прогнозе рецидива аритмии у пациентов с ФП, перенесших катетерную абляцию. После проведения радиочастотной абляции 34 пациента были включены в программу динамического наблюдения. Первичной конечной точкой исследования являлось развитие рецидива ФП (длительностью не менее 30 секунд) по истечении 90 дней после катетерной абляции. При сравнительном анализе, проведённом в зависимости от развития рецидива ФП в отдалённом периоде, установлено, что увеличение ИО ЛП на 1 мл/м² по данным МСКТ-АГ было связано с повышением риска рецидива ФП на 5% (ОР=1,05; p=0,009), а каждое увеличение LGE ЛП на 1% по данным МРТ сердца с КУ ассоциировалось с повышением риска рецидива на 13% (ОР=1,13; p=0,028). Пороговые значения, влияющие на вероятность рецидива ФП, по данным анализа ROC-кривых, составили: ИОЛП - 70 мл/м², при этом чувствительность достигла 77,8%, а специфичность — 77,3%; процент фиброза миокарда ЛП - 19,5%, чувствительность модели — 77,8%, специфичность — 90,9%.

Пациенты с желудочковыми аритмиями

МРТ сердца у пациентов с желудочковыми аритмиями: вклад в дифференциальную диагностику. Третью группу составили 267 пациентов с ЖНР при ФВ ЛЖ $\geq 50\%$ по данным ЭхоКГ. В исследуемой группе пациентов, направленных на МРТ, 219 человек (82%) не имели признаков структурных изменений миокарда (СИМ) по данным ранее выполненных неинвазивных методов обследования. Диагнозы, ассоциированные с СИМ, были выявлены у 18% пациентов, среди которых: ГКМП — у 24 пациентов (9%), миокардит и постмиокардитический кардиосклероз — у 11 пациентов (4%), АКМП — у 9 пациентов (3%), НМЛЖ и другие формы кардиомиопатий — у 4 пациентов (2%) (рисунок 9).

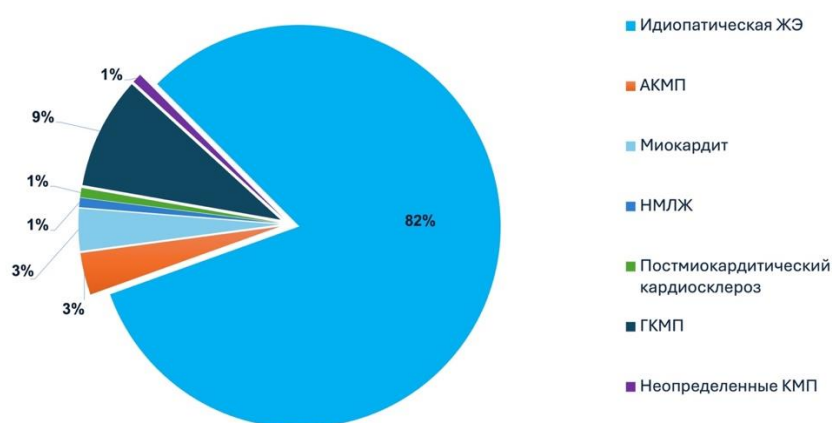


Рисунок 9 - Диаграмма диагнозов у пациентов с ЖА при направлении на МРТ сердца.

По результатам МРТ сердца предварительный диагноз был изменён у 179 (67%) пациентов. Структурные заболевания сердца впервые выявлены у 163 пациентов (61%). В 16 случаях (6%) предварительный диагноз, связанный с СИМ, был реклассифицирован по данным МРТ. В целом, МРТ сердца позволило выявить наличие СИМ у 211 пациентов (79%), а у 55 пациентов (21%) результаты МРТ были расценены как нормальные. Несмотря на то, что пациентов с известными ишемическими заболеваниями миокарда исключили из исследования, по данным МРТ сердца у 5 пациентов (2% случаев) были

выявлены СИМ ишемического типа. У 3 пациентов (1%) с ЖНР был выявлен ВПС (рисунок 10). После исключения этих пациентов в группу с желудочковыми аритмиями (ЖА) были включены 256 человек.

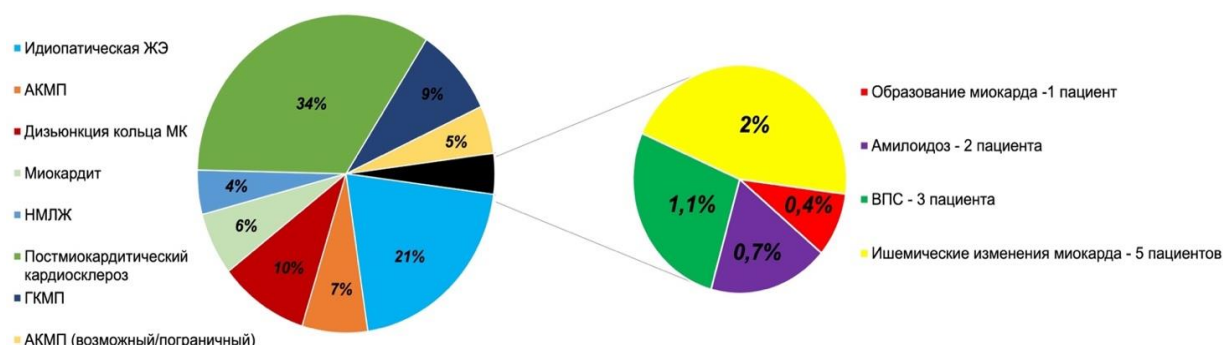


Рисунок 10 - Диаграмма, демонстрирующая диагнозы у пациентов с ЖА, после проведения МРТ исследования.

Морфофункциональные изменения миокарда желудочков у пациентов при желудочковых аритмиях. При сравнении морфофункциональных изменений миокарда по данным МРТ пациентов с ЖА и без НРС выявило статистически значимые различия в индексированных объемах левого и правого желудочков, во фракции выброса обоих желудочков ($p < 0,05$), а также в объеме фиброзных изменений миокарда ЛЖ ($p = 0,017$). При этом статистически значимых различий в частоте выявления LGE в МЖП не отмечено ($p > 0,05$). Анализ взаимосвязи количества ЖЭС за сутки со структурными изменениями миокарда не выявил значимых корреляций ($p > 0,05$). Пациенты третьей группы с ЖНР были разделены на четыре подгруппы: первая подгруппа включала 5 (2%) пациентов с полиморфными желудочковыми экстрасистолами (ЖЭС) в количестве более 1000, но менее 5000 в сутки, с признаками нарушения внутрижелудочковой проводимости и сердечной недостаточностью; во вторую подгруппу вошли 52 пациента (20%) с количеством ЖЭС более 5000, но менее 10000 в сутки; третья подгруппа состояла из 91 (36%) пациентов с более чем 10000 ЖЭС в сутки; четвертая подгруппа включала 108 (42%) пациентов с эпизодами ЖТ. При проведении сравнительного анализа данных МРТ в четырех подгруппах пациентов

выявлены статистически значимо более высокие значения ИКДО ПЖ, а также существенное снижение ФВ ПЖ в IV подгруппе по сравнению с другими подгруппами, что обусловлено большим количеством пациентов с АКМП. *Желудочковые аритмии и имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор.* ИКД был имплантирован у пациентов III группы в 41 (16%) случае, все пациенты были с ЖТ. Медиана периода наблюдения составила 18,7 [7,8; 24] месяца. За время наблюдения у 18 пациентов (44%) были зарегистрированы срабатывания ИКД. При сравнительном анализе морфофункциональных изменений миокарда правого и левого желудочков у пациентов со срабатыванием и без срабатывания ИКД выявлена статистически значимая разница в объеме фиброзных изменений и ФВ ЛЖ. С помощью ROC-анализа было определено пороговое значение объёма LGE ЛЖ, которое ассоциировалось с высокой вероятностью срабатывания ИКД у пациента с ЖТ. Пороговое значение фиброза ЛЖ в точке cut-off составило 6,1% (AUC $0,960 \pm 0,02$ (95% ДИ: 0,920–1,000), $p = 0,0001$). Чувствительность и специфичность метода составили 72,2% и 95,9% соответственно. *Морфофункциональные изменения миокарда желудочков у пациентов со структурными изменениями и желудочковыми аритмиями.* При сопоставлении морфофункциональных изменений миокарда левого и правого желудочков у пациентов с миокардитом, постмиокардитическими изменениями и ЖТ по сравнению с группой «условной нормы» выявлено статистически значимое снижение ФВ ЛЖ и ПЖ ($p < 0,05$), а также значимое увеличение объёма фиброзных изменений миокарда ЛЖ у пациентов с ЖТ ($p < 0,05$). У пациентов с постмиокардитическим кардиосклерозом в 19 случаях был установлен ИКД и в 11 (58%) случаях отмечены срабатывания устройства в течение $17,8 \pm 13,9$ мес. В результате анализа определено пороговое значение площади фиброзно-изменённого миокарда в точке cut-off — 5,1% (AUC составила $0,844 \pm 0,105$ (95% ДИ: 0,638–1,000) $p = 0,016$, чувствительность и специфичность метода

составили 90,91% и 85,71% соответственно). У пациентов с аритмогенным пролапсом митрального клапана отмечалось увеличение диаметра ФК ($p=0,001$), глубина пролапса передней створки ($p=0,001$) и задней створки МК ($p<0,0001$), увеличение фракции митральной регургитации ($p=0,001$) и имели значимо больший ИКДО ЛЖ ($p = 0,001$). При анализе морфофункциональных параметров между пациентами с ГКМП с ЖЭС и пациентами с ГКМП без НРС ($p>0,05$) выявлена статистически значимая разница только по объему фиброзных изменений миокарда ЛЖ ($p=0,001$), который был выше у пациентов с ЖЭС. У пациентов с ГКМП был определен пороговый показатель объема фиброзно-измененного миокарда ЛЖ, при котором устанавливался ИКД и пороговое значение фиброзного миокарда ЛЖ в точке cut-off составило 9,5% (AUC $0,755 \pm 0,082$ (95% ДИ: 0,594–0,917), $p = 0,036$). При сравнении морфофункциональных изменений миокарда левого и правого желудочков между пациентами с признаками АКМП и «условной» нормой выявлена статистически значимая разница по ИКДО ПЖ ($p<0,0001$), фракции выброса обоих желудочков ($p<0,0001$), объёму фиброзных изменений миокарда ЛЖ, а также по частоте выявления фиброза по МЖП ($p<0,05$). У пациентов с АКМП отмечается значимое увеличение объёма ПЖ с повышением соотношения объёмов ПЖ / ЛЖ более 1,13 ($p < 0,0001$), а также снижение систолической функции обоих желудочков, степень которой обратно коррелирует с выраженностью фиброзных изменений ЛЖ: ФВЛЖ - $r_{xy} = -0,686$; ФВ ПЖ $r_{xy} = -0,569$, $p < 0,0001$. Для определения порогового значения соотношения КДО ПЖ/ЛЖ, при превышении которого можно заподозрить наличие АКМП проведен ROC – анализ, пороговое значение соотношения КДО ПЖ/ЛЖ в точке cut-off составило 1,13 (AUC $0,755 \pm 0,082$ (95% ДИ: 0,613–0,869), $p<0,0001$; чувствительность и специфичность метода составили 62,9% и 83,3% соответственно).

Пациенты с умеренной и низкой фракцией выброса левого желудочка

Четвертую группу составили 79 пациентов с НРС и ФВ ЛЖ по данным ЭхоКГ < 50%. Направительные диагнозы для проведения МРТ сердца у пациентов с сердечной недостаточностью представлены на рисунке 11.

По результатам проведенного МРТ сердца направительный диагноз был изменен у 49 (62%) пациентов (рисунок 12). В зависимости от величины ФВ ЛЖ пациенты были разделены на две подгруппы: первая подгруппа включала 31 пациента с ФВ ЛЖ от 35% до 49%, вторая — 48 пациентов с ФВ ЛЖ 35% и менее.

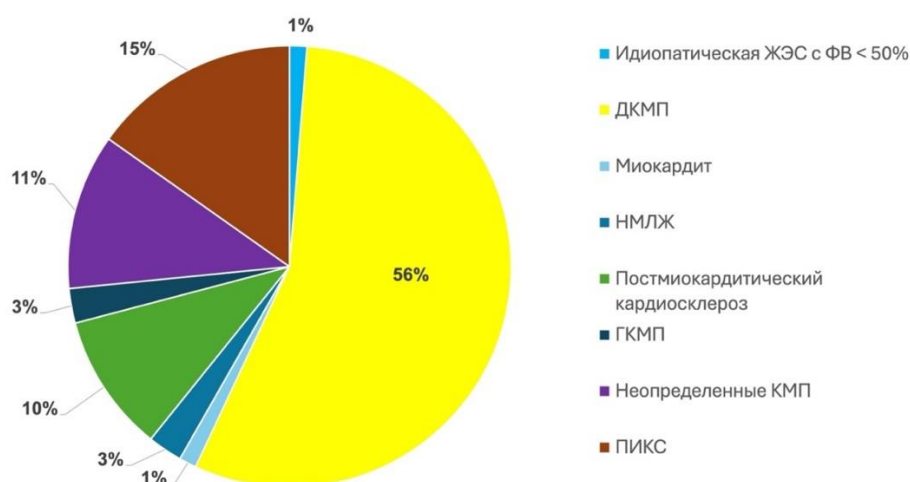


Рисунок 11 - Диаграмма диагнозов у пациентов с ФВ < 50% при направлении на МРТ сердца.

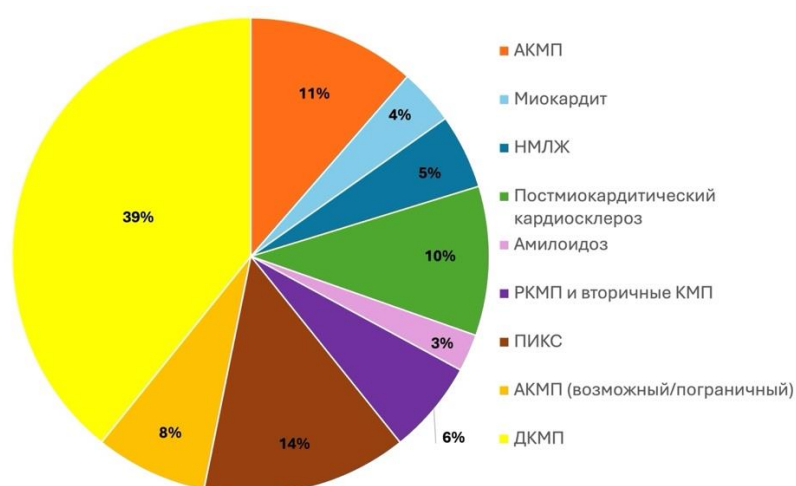


Рисунок 12 - Диаграмма, демонстрирующая диагнозы у пациентов с ФВ < 50%, после проведения МРТ исследования.

При сравнении морфофункциональных показателей в данных подгруппах пациентов получена статистически значимая разница с увеличением ИКДО ЛЖ у пациентов с ФВ <35% ($p < 0,001$). Также отмечалась значимая разница в соотношении КДО ПЖ / ЛЖ с увеличением этого показателя в I подгруппе ($p = 0,001$), что связано с большим количеством обследуемых с признаками АКМП ($p = 0,016$). Статистически значимых различий в ИКДО ПЖ и ФВ ПЖ, а также в структурных изменениях миокарда ЛЖ не выявлено. В данной группе пациентов в 37 случаях (47%) был установлен ИКД или СРТД. Медиана периода наблюдения за 32 пациентами составила 20,5 [12,8; 30,5] месяца. В течение этого времени у 12 пациентов (37,5%) отмечались срабатывания ИКД. При сравнении морфофункциональных параметров статистически значимыми оказались только объем фиброзных изменений миокарда ЛЖ и ИКДО ПЖ ($p < 0,01$), которые были значительно больше у пациентов с срабатыванием ИКД. В результате анализа определено пороговое значение площади фиброзно-изменённого миокарда в точке cut-off 13% (AUC $0,889 \pm 0,08$ (95% ДИ: 0,732–1,000), $p = 0,0008$). При этом специфичность достигала до 90%, а чувствительности до 75%. Нами не выявлено связи между срабатыванием ИКД и фракцией выброса ЛЖ ($p = 0,436$). В подгруппе пациентов с ФВ >35% срабатывание ИКД отмечено у 6 человек; медиана объёма фиброзных изменений миокарда ЛЖ составила 24,3% [22,1; 30,1]. В подгруппе с ФВ <35% также зафиксировано 6 случаев срабатывания ИКД, при этом медиана объёма LGE составила 20,5% [14,3; 27,3]. Различия между подгруппами по данному показателю были статистически незначимы ($p = 0,267$). СРТД имплантирован у 25 пациентов (68%). Медиана ширины комплекса QRS составила 145 [132,5; 165] мс, КДО ЛЖ — 314 [239; 362] мл, ФВ ЛЖ — 28,1 [26,7; 33,2]%. У 14 пациентов с имплантированным СРТД были проанализированы изменения ФВ ЛЖ, медиана наблюдения составила 24 [17; 36] месяцев. За этот период у 8

(57%) пациентов отмечалось изменение ФВ ЛЖ; медиана изменения составила 38,6% [27,6–51,4]. При сравнительном анализе морфофункциональных показателей, полученных методом МРТ у пациентов с положительным результатом ресинхронизирующей терапией и без статистически значимая разница была выявлена исключительно по объему фиброзных изменений миокарда ЛЖ. Данный показатель оказался значимо выше у пациентов, у которых не наблюдалось положительной динамики ФВ ЛЖ ($p=0,029$). Пороговое значение объема фиброзно-изменённого миокарда ЛЖ, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена при отрицательном ответе СРТД, составило 5,9% (чувствительность и специфичность модели — 85,7% и 77,8% соответственно, $AUC = 0,778 \pm 0,131$). При оценке влияния этиологического фактора на снижение ФВ ЛЖ отмечено, что пациенты с ДКМП значимо отличались от пациентов с ПИКС меньшими объёмами ЛЖ и фиброзной ткани, а также меньшей частотой выявления ишемического паттерна LGE. По сравнению с больными АКМП, у пациентов с ДКМП отмечались большие объёмы ЛЖ, меньшая фракция выброса ЛЖ, меньшие объёмы ПЖ и, соответственно, более низкое соотношение КДО ПЖ/КДО ЛЖ. Обследуемые с АКМП отличались от пациентов с миокардитом и постмиокардитическим кардиосклерозом только значимым увеличением соотношения КДО ПЖ/КДО ЛЖ, а от остальных групп — более сохранённой фракцией выброса ЛЖ. Пациенты с ИБС характеризовались большими объёмами ЛЖ при более низкой фракции выброса ЛЖ, а также большими объёмами рубцовой ткани и максимальной частотой выявления ишемического паттерна накопления КВ.

Пациенты с нарушением ритма после интервенционных вмешательств

В пятую группу вошли 34 пациента с НРС, которым были проведены исследования после различных интервенционных кардиохирургических вмешательств. Для оценки изменений размеров легочных вен была

сформирована подгруппа из 25 пациентов, которым проводилась МСКТ-ангиография до и после РЧА ЛП и ЛВ. Послеоперационный период наблюдения составил от 6 до 18 месяцев. Средний объем ЛП уменьшился на $22,5 \pm 6,5\%$ по сравнению с дооперационными значениями. Исследованы 104 легочные вены и соответствующие им сегменты паренхимы легочной ткани. Послеоперационные изменения диаметра ЛВ были классифицированы на пять групп: отсутствие изменений или минимальное уменьшение диаметра; незначительное сужение (на 10–30%); умеренное сужение (на 30–60%); значимое сужение (на 60–90%); и «критическое сужение» (окклюзия ЛВ) — уменьшение диаметра на 90–100%. При сравнительном анализе подгрупп пациентов с минимальными, незначительными, умеренными и значительными изменениями ЛВ в паренхиме легочной ткани не было выявлено существенных отличий в послеоперационном периоде. У пациентов с критическим сужением ЛВ отмечено статистически значимое изменение структуры паренхимы легких, проявляющееся формированием уплотненных участков и в 3 (60%) случаев регистрировались «венозные инфаркты», в соответствующих долях легкого.

С развитием условно безопасных МР-совместимых активных имплантируемых систем появилась возможность проведения необходимых МР-исследований сердца у соответствующих пациентов. Для оценки влияния таких устройств на качество МР-изображений была сформирована подгруппа из 5 пациентов: трёх с ЭКС и двух с ИКД различных производителей. В результате было выявлено, что последовательность SSFP может использоваться у пациентов с ЭКС, поскольку не создает артефактов, влияющих на качество изображения и, соответственно, на диагностическую значимость функциональных параметров. У пациентов с ИКД последовательность SSFP, как правило, не является диагностически значимой; в этих случаях предпочтительнее использовать последовательность SGE, что

приводит к значительному улучшению качества изображения. При использовании последовательностей TSE в режимах T1- и T2-взвешенного изображения в большинстве случаев не отмечалось выраженных артефактов от имплантированных устройств. Изображения LGE у пациентов с ЭКС отличались диагностическим качеством и минимальными артефактами, в то время как у пациентов с ИКД артефакты затрудняли интерпретацию снимков. В подобных случаях может применяться отсроченное контрастирование с использованием широкополосной последовательности (WB) LGE, однако в нашей небольшой выборке это не привело к статистически значимому улучшению качества изображения. Учитывая полученные результаты, мы рекомендуем следующую стратегию визуализации МРТ сердца для достижения оптимального качества изображения (рисунок 13).

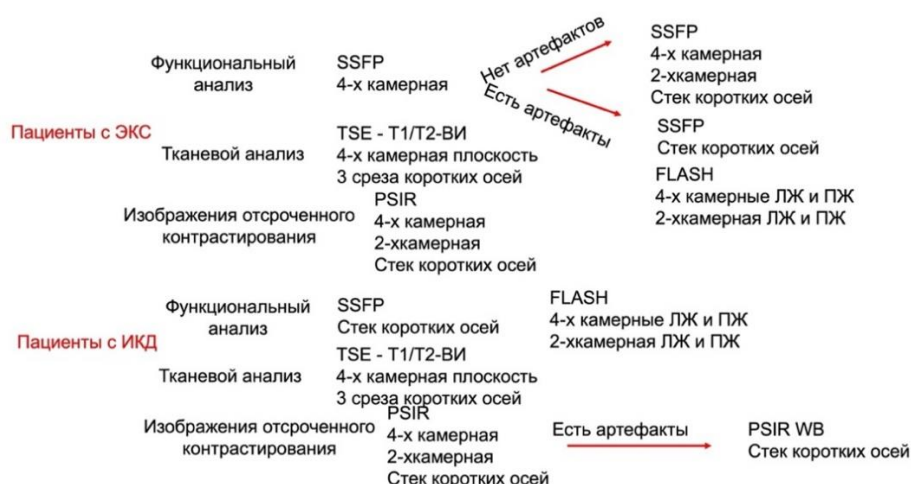


Рисунок 13. Стратегия МРТ исследования у пациентов с активными имплантированными устройствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Актуальность аритмологии обусловлена высокой распространённостью нарушений ритма сердца в клинической практике. МСКТ-АГ и МРТ обеспечивают неинвазивную визуализацию структурных изменений миокарда, что позволяет с высокой точностью идентифицировать субстрат аритмии. Полученные в ходе исследования данные и разработанные алгоритмы

применения томографических методов визуализации позволяют не только преодолеть технические ограничения, обусловленные аритмией, но и значительно углубить понимание процессов структурного и функционального ремоделирования миокарда.

В данной работе у пациентов с ФП определены пороговые значения параметров ремоделирования миокарда ЛП, ассоциированные с наличием и ФП рецидивом после катетерной абляции. У пациентов с ЖА, а также у пациентов с умеренно сниженной и сниженной ФВ ЛЖ МРТ сердца продемонстрировала высокую диагностическую эффективность в выявлении этиологии аритмии и систолической дисфункции ЛЖ. Кроме того, установлены пороговые значения объёма фиброза ЛЖ, ассоциированные с необходимостью имплантации и срабатыванием ИКД. Также проведена оценка состояния пациентов после интервенционных вмешательств. Томографические методы визуализации играют ключевую роль в диагностике редких, но потенциально опасных осложнений интервенционного лечения аритмий. Продemonстрирована возможность и безопасность проведения МРТ сердца у пациентов с условно совместимыми ЭКС и ИКД.

Таким образом, современные томографические методы визуализации позволяют повысить эффективность ведения пациентов с НРС. Интеграция данных МРТ и МСКТ в клиническую практику обеспечивает более точную диагностику, оптимизацию лечебной тактики и улучшение прогноза у данной категории пациентов.

ВЫВОДЫ

1. Выявлена высокая диагностическая эффективность современных методов томографической визуализации сердца, позволяющая реклассифицировать диагноз в 11% случаев при ФП, в 67% при ЖА и в 62% у пациентов с умеренной и низкой ФВ ЛЖ.

2. Развитие ФП не зависит от анатомического строения ЛП и ЛВ (характер впадение ЛВ, наличие дивертикулов и др.). Вероятность развития ФП возрастает при увеличении передне-заднего размера ЛП: в диастолу $> 38,5$ мм (МСКТ-АГ) и $> 37,5$ мм (кино-МРТ); в систолу $> 43,5$ мм (кино-МРТ); при увеличении индексированного объема ЛП в диастолу: $> 48,1$ мл/м² (МСКТ-АГ) и $> 22,8$ мл/м² (кино-МРТ). Степень фиброза миокарда ЛП не коррелирует с объемом ЛП, возрастом пациента или длительностью ФП и является независимым маркером данного НРС.
3. Предикторами рецидива ФП после РЧА ЛП и ЛВ являются степень фиброза ЛП (МРТ с отсроченным контрастированием) и индексированный объем ЛП (МСКТ-АГ).
4. Морфофункциональные изменения и объем фиброза миокарда ЛЖ у пациентов с ЖА достоверно отличаются от аналогичных показателей у пациентов без НРС и не зависят от количества ЖЭС. Объем фиброзных изменений ЛЖ имеет достоверную обратную корреляцию с ФВ ЛЖ и ПЖ, определяется этиологией структурных изменений миокарда и служит достоверным предиктором срабатывания ИКД вне зависимости от ФВ ЛЖ.
5. У пациентов с ФВ ЛЖ $\leq 35\%$ и от 35% до 50% выявлены достоверные различия в ИКДО ЛЖ и соотношении КДО ПЖ/ЛЖ; при этом объем, паттерн и локализация фиброза ЛЖ, а также объем эпикардального жира достоверно не различались. Объем фиброзных изменений ЛЖ оказывает достоверное влияние на эффективность ресинхронизирующей терапии.
6. Применение методик МСКТ-АГ и МРТ обеспечивает высокую информативность в ранней диагностике и динамическом контроле осложнений интервенционного лечения НРС, в том числе выявления критического сужения ЛВ после РЧА, угрожающего развитием венозных инфарктов легких.
7. Методика МСКТ-АГ с ЭКГ-синхронизацией эффективнее протокола без ЭКГ-гейтинга для выявления анатомических особенностей ЛП и снижения

частоты дефектов контрастирования в ушке ЛП независимо от наличия у пациента ФП; статистической разницы между выраженностью артефактов и ЧСС не обнаружено.

8. Наличие аритмии при МРТ-исследовании значительно ухудшает качество изображений. Методология сканирования с технологиями коррекции артефактов от нарушений ритма и методики расчета фиброза миокарда влияют на количественные параметры ЛЖ. Для оценки заместительного фиброза ЛЖ методика FWHM демонстрирует наилучшую внутри- и межисследовательскую воспроизводимость (ICC 0,955/0,981), превосходя визуальную оценку и метод 2-SD (ICC 0,929/0,968 и 0,915/0,959 соответственно). При анализе фиброза ЛП выявлены статистически значимые различия между расчетами на разных программных платформах, что требует унификации постобработки.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для персонализированного выбора тактики лечения пациентов с НРС рекомендуется на ранних этапах обследования включать в диагностический алгоритм методы томографической визуализации, обладающие высокой эффективностью в выявлении структурных изменений миокарда.
2. Для точной оценки анатомии ЛП у пациентов с ФП рекомендуется выполнять МСКТ-АГ с ЭКГ-синхронизацией, которая позволяет достоверно чаще выявлять анатомические особенности стенки ЛП.
3. Для прогнозирования рецидива ФП после РЧА рекомендуется использовать ИО ЛП, определяемый методом МСКТ-АГ (cut-off 70 мл/м²; чувствительность 77,8%, специфичность 77,3%) и степень фиброзных изменений ЛП по данным МРТ с отсроченным контрастированием (cut-off 19,5%; чувствительность 77,8%, специфичность 90,9%).
4. При выборе тактики лечения пациентов с ЖТ следует учитывать объем фиброзных изменений миокарда ЛЖ по данным МРТ с отсроченным

контрастированием. Рекомендуется рассмотреть имплантацию ИКД при объеме фиброза ЛЖ у пациентов: с постмиокардитическим кардиосклерозом $\geq 5,1\%$ (чувствительность — 90,91%, специфичность — 85,71%); с ГКМП $\geq 9,5\%$ (чувствительность — 71,4%, специфичность — 72,7%); в общей группе $\geq 6,1\%$ (чувствительность — 72,2%, специфичность — 95,9%).

5. Для дифференциальной диагностики пациентов с АКМП рекомендуется учитывать соотношение КДО ПЖ к ЛЖ, при увеличении соотношения более 1,13 возрастает вероятность наличия АКМП.

6. У пациентов с ФВ ЛЖ $<50\%$ и объемом фиброза ЛЖ $\geq 5,8\%$ рекомендуется рассматривать вопрос об имплантации ИКД (чувствительность признака для срабатывания ИКД 91,7%, специфичность — 70%). При объеме фиброза ЛЖ $\geq 13\%$ специфичность признака для срабатывания ИКД увеличивается до 90%.

7. У пациентов с ДКМП, ПИКС, постмиокардитическим кардиосклерозом с ФВ ЛЖ $<35\%$ и шириной комплекса QRS более 145 мс для определения целесообразности и прогнозирования эффективности ресинхронизирующей терапии рекомендуется проводить количественную оценку фиброза миокарда ЛЖ, используя МРТ с отсроченным контрастированием.

8. Для обеспечения корректности сопоставления данных мультицентровых исследований и при динамическом наблюдении в клинической практике необходима обязательная стандартизация протокола исследования с указанием используемых последовательностей и методов постобработки.

9. При сравнении размеров, объёмов и функциональных параметров ЛП, полученных различными томографическими методами, рекомендуется применять единую методику расчёта и одинаковую фазу сердечного цикла.

10. У пациентов с нарушением ритма сердца при проведении кино-МРТ для минимизации артефактов следует изменить тип синхронизации с

ретроспективного на проспективный, и дополнительно использовать последовательность «Real-Time» при ее наличии.

11. На сегодняшний день проведение МРТ сердца у пациентов с активными имплантированными МР-совместимыми устройствами считается приемлемо безопасным при их выполнении в специализированных учреждениях при тесном взаимодействии врачей-рентгенологов и электрофизиологов.

12. Разработаны рекомендации по проведению кардиологической МРТ для минимизации артефактов у пациентов с МР-совместимыми ЭКС и ИКД: при возникновении артефактов в последовательности SSFP рекомендуется использовать последовательность SGE, при артефактах на LGE-изображениях возможно использование WB LGE.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Александрова С.А.**, Глазкова Е.Ю., Булаева Н.И., Бердибеков Б.Ш., Дорофеев А.В., Асланиди И.П., Голухова Е.З. МРТ сердца у пациентов с желудочковыми аритмиями: вклад в дифференциальную диагностику. *Анналы аритмологии*. 2025; 25(3): 181-188
2. Бердибеков Б.Ш., Булаева Н.И., **Александрова С.А.**, Голухова Е.З. Стратификация риска внезапной сердечной смерти при дилатационной кардиомиопатии: обзор современного состояния проблемы. *Российский кардиологический журнал*. 2025;30(6S):6114
3. **Александрова С.А.**, Глазкова Е.Ю., Голухова Е. З. Магнитно-резонансная томография сердца при аритмогенной кардиомиопатии: развитие критериев диагностики и новые возможности. *Российский кардиологический журнал*. 2024; 29(11): 13-22.
4. Шляппо М.А., **Александрова С.А.**, Сопов О.В., Голухова Е.З. Магнитно-резонансная и компьютерная томография у пациентов с нарушениями ритма после кардиохирургических. *Евразийский кардиологический журнал*. 2024; 3: 66-73.

5. Марченко Д.С., **Александрова С.А.**, Глазкова Е.Ю., Матаева Т.В., Шляппо М.А., Асланиди И.П., Дорофеев А.В. Определение диапазона референсных значений нативного времени T1-, T2-релаксации миокарда параметрических карт в модификации MOLLY на магнитно-резонансной томографии 1,5Тл. Креативная кардиология. 2024; 18 (1): 36-43.
6. Абгарян А. А., Бердибеков Б.Ш., **Александрова С.А.**, Иванова З.З., Булаева Н.И., Тарасова К.А., Джидзалова Д.Х., Романчук Д.В., Голухова Е.З. Прогностическая роль оценки фиброза левого предсердия по данным магнитно-резонансной томографии у пациентов с фибрилляцией предсердий, перенесших катетерную изоляцию легочных вен. Креативная кардиология. 2024; 18 (1): 92-103.
7. **Александрова С.А.**, Глазкова Е.Ю., Золотайкина О.С., Бердибеков Б.Ш., Дорофеев А.В., Асланиди И.П. Оценка структурных изменений миокарда у пациентов с разобщением кольца митрального клапана с помощью магнитно-резонансной томографии. Креативная кардиология. 2023; 17(3): 386-401.
8. Голухова Е.З., **Александрова С.А.**, Глазкова Е.Ю., Булаева Н.И., Благова О.В., Дорофеев А.В., Метелкина М.В., Рыбка М.М., Асланиди И.П. Магнитно-резонансная томография сердца в диагностике осложнений COVID-19. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. 2023; 24(3): 368-381.
9. Шишкина Н.М., Сергуладзе С.Ю., **Александрова С.А.**, Сопов О.В., Любкина Е.В., Мадонашвили Г.Р., Проничева И.В. Электрофизиологические и структурные особенности миокарда левого предсердия у пожилых людей с признаками старческой Астении и пароксизмальной формой фибрилляции предсердий. Анналы аритмологии. 2023; 20(4): 258-266.
10. Бердибеков Б.Ш., **Александрова С.А.**, Громова О.И., Меладзе М.Г., Голухова Е.З. Прогностическая роль магнитно-резонансной томографии при

некоронарогенных желудочковых аритмиях. Креативная кардиология. 2022; 16(2): 199-215.

11. Шляппо М.А., **Александрова С.А.**, Макаренко В.Н. Магнитно-резонансная томография активных имплантированных систем сердца. Креативная кардиология. 2021; 15(3): 389-396.

12. Бердибеков Б.Ш., **Александрова С.А.**, Голухова Е.З. Количественная оценка фиброза миокарда с применением магнитно-резонансной томографии с отсроченным контрастированием при некоронарогенных желудочковых аритмиях. Креативная кардиология. 2021; 15(3): 342-353.

13. Дарий О. Ю., **Александрова С. А.**, Маленков Д. А. и др. Магнитно-резонансная томография у пациентов с гипертрофической кардиомиопатией, ассоциированной с жизнеугрожающими аритмиями. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. 2019; 20(9-10): 771-782.

14. Голухова Е.З., **Александрова С.А.**, Бердибеков Б.Ш. Прогностическая роль количественной оценки миокардиального фиброза по данным магнитно-резонансной томографии с отсроченным контрастированием при неишемических дилатационных кардиомиопатиях: систематический обзор и метаанализ. Российский кардиологический журнал. 2021; 26(12): 189-197.

15. **Александрова С.А.** Компьютерная и магнитно-резонансная томография в аритмологии. Клиническая аритмология. 2-е издание. Том 1. (под ред.) А.В. Ардашев; Москва: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2021, 524 с. .216-253.

16. Котанова Е.С., Сергуладзе С.Ю., Проничева И.В., **Александрова С.А.**, Степанова Н. М. Подходы к лечению желудочковой экстрасистолии у молодой пациентки с аномальным отхождением правой коронарной артерии от левого синуса Вальсавы. Анналы аритмологии. 2019; 16(3): 160-166.

17. Глазкова Е.Ю., Макаренко В.Н., **Александрова С.А.**, Шляппо М.А., Дарий О.Ю. Изучение гемодинамики легочных вен и левого предсердия у

пациентов с фибрилляцией предсердий методом 4D Flow. Результаты пилотного исследования. Креативная кардиология. 2018; 12(2): 130-145.

18. Глазкова Е.Ю., **Александрова С.А.**, Громова О.И., Голухова Е.З. Компьютерная томография в оценке сложной морфологии ушка левого предсердия у пациента с фибрилляцией предсердий: клинический случай. Креативная кардиология. 2014; (4): 84-87.

19. Бокерия Л.А., Макаренко В.Н., **Александрова С.А.**, Шляппо М.А. Состояние паренхимы легких у пациентов с фибрилляцией предсердий. Компьютерно-томографические находки при осложненном течении. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН Сердечно-сосудистые заболевания. 2014; 15(6): 51-56.

20. Макаренко В. Н., **Александрова С. А.**, Благова О. В., Глазкова Е. Ю. Модифицированные критерии аритмогенной дисплазии правого желудочка не всегда соответствуют клиническому сценарию. Случай из практики. Креативная кардиология. 2014; 1: 70-75.

21. Громова О. И., **Александрова С. А.**, Макаренко В. Н., Голухова Е. З. Современные предикторы жизнеугрожающих аритмий. Креативная кардиология. 2012; 2: 30-46.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АКМП	аритмогенная кардиомиопатия
ВПС	врожденный порок сердца
ВСС	внезапная сердечная смерть
ГКМП	гипертрофическая кардиомиопатия
ДКМП	дилатационная кардиомиопатия
ЖА	желудочковые аритмии
ЖНР	желудочковые нарушения ритма
ЖТ	желудочковая тахикардия
ЖЭС	желудочковая экстрасистолия
ИБС	ишемическая болезнь сердца
ИКД	имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор
ИКДО	индексированные показатели конечно-диастолического объема (по ППТ).
ИОЛП	индексированный объем левого предсердия (по ППТ)

КДО	конечно-диастолический объем
КМП	кардиомиопатия
КСО	конечно-систолический объем
ЛВ	легочные вены
ЛЖ	левый желудочек
ЛП	левое предсердие
МЖП	межжелудочковая перегородка
МПП	межпредсердная перегородка
МРТ с КУ	магнитно-резонансная томография с контрастным усилением / отсроченным контрастированием
МСКТ-АГ	мультиспиральная компьютерная ангиография
НРС	нарушения ритма сердца
ПЖ	правый желудочек
ПИКС	постинфарктный кардиосклероз
РКМК	разобщение кольца митрального клапана
РЧА	радиочастотная абляция
СИМ	структурные изменения миокарда
УЛП	ушко левого предсердия
ФВ	фракция выброса
ФП	фибриляция предсердий
ЧПЭхоКГ	чреспищеводная эхокардиография
ЧСС	частота сердечных сокращений
ЭКС	электрокардиостимулятор
ЭхоКГ	эхокардиография
СРТ-Д	сердечная ресинхронизирующая терапия с функцией дефибриллятора
FWHM	full width at half maximum; полная ширина при половинном максимуме
LGE	late gadolinium enhancement, отсроченное контрастирование
PSIR	Turbo-Flash phase sensitive inversion recovery; последовательность быстрой фазово-чувствительной инверсии – восстановления
Real-time	кино-MPT в режиме «реального» времени
SGE	Spoiled Gradient Echo
SSFP	steady-state free precession; последовательность свободной прецессии в состоянии динамического равновесия
WB LGE	Wideband late gadolinium enhancement, отсроченное контрастирование с использованием широкополосной последовательности