

**\*Уельhazi У.<sup>1</sup>, Стукалова О.В.<sup>2</sup>, Терновой С.К.<sup>1,2</sup>**

## МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ СЕРДЦА В ОЦЕНКЕ СТРУКТУРНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИОКАРДА У БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет),  
ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва 119048, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» Минздрава России,  
121552, г. Москва, ул. Академика Чазова, д. 15А, Россия

### Сведения об авторах:

**\*Автор, ответственный за переписку: Уельhazi Уссам**, аспирант, кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва 119048, Российская Федерация, E-mail: owalhazi@gmail.com, uelkhazi\_u@student.sechenov.ru, ORCID: 0009-0009-7884-9825

**Стукалова Ольга Владимировна**, д.м.н., старший научный сотрудник, отдел томографии, ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация, E-mail: olgastukalova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8377-2388

**Терновой Сергей Константинович**, д.м.н., академик РАН, профессор, заведующий кафедрой, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет); ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация, E-mail: ternovoy\_s\_k@staff.sechenov.ru, ORCID: 0000-0003-4374-1063

### РЕЗЮМЕ

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) – тяжелый клинический синдром, который может развиваться у больных с различными заболеваниями сердца. Тактика ведения больных ХСН зависит от причины развития этого синдрома, поэтому точная диагностика особенно важна. Эхокардиография (ЭхоКГ) – основной метод в алгоритме обследования при любом кардиологическом обследовании, но ни ЭхоКГ, ни другие традиционные кардиологические методы обследования не во всех клинических ситуациях могут выявить причину развития ХСН, поэтому поиск новых диагностических стратегий важен.

**Цель работы:** показать возможности магнитно-резонансной томографии сердца в обследовании больных с хронической сердечной недостаточности на примере собственных клинических наблюдений.

**Материалы и методы.** Проанализированы исследования сердца, выполненные больным с хронической сердечной недостаточностью с марта 2024 по декабрь 2025 г. Проводился анализ литературы, посвященной диагностике хронической сердечной недостаточности, поиск осуществлялся по базам данных Google scholar, Scopus, PubMed, Web of Science. Все представленные в

статье клинические случаи выполнены авторами статьи.

**Результаты.** Наряду с традиционными методами кардиовизуализации (ЭхоКГ, сцинтиграфия миокарда), МРТ с контрастированием входит в диагностический алгоритм обследования больных с хронической сердечной недостаточностью, особенно в сложных ситуациях. В статье изложены стандартные протоколы МРТ для анализа структурных и функциональных изменений миокарда, противопоказания к выполнению МРТ. На клинических наблюдениях продемонстрированы возможности МРТ в уточнении этиологии хронической сердечной недостаточности у больных со сниженной фракцией выброса и сохранной фракцией выброса левого желудочка. Представлены клинические случаи использования МРТ для дифференциального диагноза различных причин гипертрофии миокарда ЛЖ у больных с ХСН, дифференциального диагноза ишемического и неишемического поражения миокарда.

**Заключение.** В работе продемонстрированы возможности магнитно-резонансной томографии является высокоинформативным методом диагностики у больных с хронической сердечной недостаточностью, как у больных со сниженной фракцией выброса, так при отсутствии ее снижения.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография, хроническая сердечная недостаточность, структура миокарда, фиброз, контрастное исследование

**Вклад авторов.** Все авторы соответствуют критериям авторства ICMJE, принимали участие в подготовке статьи, наборе материала и его обработке. Авторский вклад (по системе Credit): Уельhazi У. — сбор и анализ клинического материала, анализ научной литературы, подготовка первоначального варианта рукописи; Стукалова О.В. — формирование концепции и дизайна исследования, интерпретация данных магнитно-резонансной томографии, научное редактирование текста; Терновой С.К. — общее руководство исследованием, критический пересмотр рукописи, утверждение окончательной версии статьи для публикации.

**Источник финансирования.** Исследование выполнено без привлечения внешнего финансирования.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Соблюдение этических норм. Все клинические наблюдения выполнены в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации. От всех пациентов было получено информированное согласие на участие в исследовании и публикацию обезличенных клинических данных и изображений.

✉ [OWALHAZI@GMAIL.COM](mailto:OWALHAZI@GMAIL.COM), [UELKHAZI\\_U@STUDENT.SECHENOV.RU](mailto:UELKHAZI_U@STUDENT.SECHENOV.RU)

**Для цитирования:** Уельhazi У., Стукалова О.В., Терновой С.К. Магнитно-резонансная томография сердца в оценке структурных и функциональных изменений миокарда у больных с хронической сердечной недостаточностью. Евразийский кардиологический журнал. 2026;(1):54-63. <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2026-1-54-63>

Рукопись получена: 15.01.2026 | Рецензия получена: 02.02.2026 | Принята к публикации: 03.02.2026

© Группа авторов, 2026

Данная статья распространяется на условиях «открытого доступа», в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии указания автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>



\*O. Ouelhazi<sup>1</sup>, Olga V. Stukalova<sup>2</sup>, Sergey K. Ternovoy<sup>1,2</sup>

## MRI OF THE HEART FOR THE ASSESSMENT OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHANGES IN THE MYOCARDIUM IN PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE

<sup>1</sup>I.M. SECHENOV FIRST MOSCOW STATE MEDICAL UNIVERSITY (SECHENOV UNIVERSITY),  
8 TRUBETSKAYA ST., BLDG. 2, MOSCOW 119048, RUSSIAN FEDERATION

<sup>2</sup>E.I. CHAZOV NATIONAL MEDICAL RESEARCH CENTER OF CARDIOLOGY, MINISTRY OF HEALTH OF THE RUSSIAN FEDERATION,  
15A ACADEMICIAN CHAZOV ST., MOSCOW 121552, RUSSIAN FEDERATION

### Information about authors:

\***Corresponding author: Ouelhazi Oussama**, Postgraduate student (PhD candidate), Department of Radiology and Radiation Therapy, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8 Trubetskaya St., Bldg. 2, Moscow 119048, Russian Federation, E-mail: [owalhazi@gmail.com](mailto:owalhazi@gmail.com), [uelkhazi\\_u@student.sechenov.ru](mailto:uelkhazi_u@student.sechenov.ru), ORCID: 0009-0009-7884-9825

**Olga V. Stukalova**, Dr. of Scien. (Med.), Senior Research Fellow, Department of Tomography, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, E-mail: [olgastukalova@mail.ru](mailto:olgastukalova@mail.ru), ORCID: 0000-0001-8377-2388

**Sergey K. Ternovoy**, Dr. of Scien. (Med.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, E-mail: [ternovoy\\_s\\_k@staff.sechenov.ru](mailto:ternovoy_s_k@staff.sechenov.ru), ORCID: 0000-0003-4374-1063

### SUMMARY

Chronic heart failure (CHF) is a severe clinical syndrome, which can develop in patients with various heart diseases. Tactics of management of patients with CHF depends on cause of development of this syndrome, therefore exact diagnosis is especially important. Echocardiography (EchoCG) is the main method in algorithm of examination with any cardiological examination, but neither EchoCG, nor other traditional cardiological methods of examination in all clinical situations can reveal cause of development of CHF, therefore search for new diagnostic strategies is important.

**Objective of the work:** to show possibilities of magnetic resonance tomography of heart in examination of patients with chronic heart failure on example of own clinical observations.

**Materials and methods.** Analyzed heart studies performed on patients with chronic heart failure from March 2024 to December 2025. An analysis of the literature devoted to the diagnosis of chronic heart failure was conducted, and the search was carried out using the Google Scholar, Scopus, PubMed, and Web of Science databases. All clinical cases presented in the article were performed by the authors

of the article.

**Results.** Along with traditional methods of cardio-visualization (EchoCG, scintigraphy of myocardium), MRI with contrast agent is included in diagnostic algorithm of examination of patients with chronic heart failure, especially in complex situations. The article presents standard protocols of MRI for analysis of structural and functional changes of myocardium, contraindications to performance of MRI. On clinical observations possibilities of MRI are demonstrated in clarification of etiology of chronic heart failure in patients with reduced ejection fraction and preserved ejection fraction of left ventricle. Presented clinical cases of use of MRI for differential diagnosis of various causes of hypertrophy of myocardium of LV in patients with CHF, differential diagnosis of ischemic and non-ischemic lesion of myocardium.

**Conclusion.** In the work are demonstrated the possibilities magnetic resonance tomography is highly informative method of diagnosis in patients with chronic heart failure, both in patients with reduced ejection fraction and in absence of its reduction.

**Keywords:** magnetic resonance tomography, chronic heart failure, structure of myocardium, fibrosis, contrast study

**Authors' contributions.** All authors confirm the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. The authors equally participated in the development of the methodology and content of the manuscript, obtaining and analyzing data, writing and editing the text of the article. CRediT author statement: O. Ouelhazi — collection and analysis of clinical material, analysis of scientific literature, preparation of the initial version of the manuscript; Olga V. Stukalova — development of the concept and design of the study, interpretation of magnetic resonance imaging data, scientific editing of the text; Sergey K. Ternovoy — general supervision of the study, critical revision of the manuscript, approval of

the final version of the article for publication.

**Financial disclosure.** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**Conflict of interest.** The authors do not declare a conflict of interest. The article has passed the peer review procedure adopted in the journal.

Information on compliance with ethical standards. The study was performed in accordance with the standards of good clinical practice and the principles of the Helsinki Declaration. All study participants signed the Informed Consent.

✉ [OWALHAZI@GMAIL.COM](mailto:OWALHAZI@GMAIL.COM), [UELKHAZI\\_U@STUDENT.SECHENOV.RU](mailto:UELKHAZI_U@STUDENT.SECHENOV.RU)

**For citation:** O. Ouelhazi, Olga V. Stukalova, Sergey K. Ternovoy. MRI of the heart for the assessment of structural and functional changes in the myocardium in patients with chronic heart failure. *Eurasian heart journal.* 2026;(1):54-63 (In Russ.). <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2026-1-54-63>

**Received:** 15.01.2026 | **Revision Received:** 02.02.2026 | **Accepted:** 03.02.2026

© Collective of authors, 2026

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

## ВВЕДЕНИЕ

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) – сложный клинический синдром, возникающий вследствие нарушений структуры и/или функции сердца, характеризующийся симптомами или инструментальными признаками снижения сердечного выброса. Хотя фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) часто рассматривается как ключевой индикатор сердечной недостаточности, этот синдром может проявляться независимо от ФВ ЛЖ. Это отражено в классификации ХСН: сердечная недостаточность с низкой фракцией выброса (СНнФВ) при ФВ ЛЖ 40% и ниже, сердечная недостаточность с умеренно сниженной ФВ СНунФВ (от 41% до 49%) и сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса (ХСНсФВ), где ФВЛЖ составляет 50% и выше [1].

Традиционно двумерное эхокардиографическое исследование (2D-Эхо) служит первым диагностическим инструментом для выявления сердечной недостаточности. Однако у этого метода есть ограничения: высокая операторозависимость результатов, зависимость от акустического окна [2]. Для определения причины развития ХСН важно оценить состояние миокарда, что является непростой задачей даже для современных методов кардиовизуализации. МРТ сердца даже без введения контрастных препаратов позволяет получить детальную информацию о морфологии сердца, внутрисердечной гемодинамике, функции желудочков, скорости и объеме кровотока по крупным сосудам. Использование контрастных препаратов еще более расширяет возможности МРТ, позволяя неинвазивно получить информацию о структуре миокарда (наличие отека, некроза или фиброза). Это позволяет определить этиологию сердечной недостаточности, выбрать целенаправленное и эффективное лечение на основе дополнительной диагностической информации. Повторное выполнение МРТ позволяет осуществлять мониторинг прогрессирования заболевания. Таким образом, врач может более эффективно реагировать на изменения в состоянии здоровья пациента, что является критически важным [3].

В статье освещена роль МРТ сердца в обследовании больных с хронической сердечной недостаточностью с иллюстрациями

собственными случаями из практики, рассматривается применение МРТ в различных клинических ситуациях, а также влияние результатов МРТ на выбор тактики оказания этим больным медицинской помощи.

## Методика выполнения и безопасность МРТ

Исследование сердца состоит из безконтрастной и контрастной частей, продолжительность исследования МРТ обычно составляет 30 - 45 минут. На начальном этапе оценивается морфология, размер и систолическая функция желудочков с помощью программы кино-МРТ, что является важным для определения тяжести болезни у пациентов с ХСН. Эта импульсная последовательность требует нескольких (обычно около 10) последовательных задержек дыхания на 10-20 сек. У больных с нарушениями ритма сердца и сложностью задержки дыхания могут использоваться импульсные последовательности кино-МРТ в режиме real-time без задержки дыхания и синхронизации с ЭКГ. Для оценки отека миокарда и перикарда выполняются T2-взвешенные изображения, что позволяет оценить давность выявленных изменений [4]. Контрастная часть исследования включает в себя выполнение отсроченного контрастирования, при котором можно не только выявить участки патологической структуры миокарда, но и дифференцировать ишемическое и неишемическое повреждение. На рисунке 1 представлены изображения, полученные с использованием различных импульсных последовательностей, входящих в стандартное исследование.

Следует помнить, что многие пациенты с сердечной недостаточностью имеют устройства, несовместимые с магнитным полем, что не позволяет выполнять МРТ. Однако, большая часть современных кардиологических устройств либо условно совместимы с МРТ, либо полностью совместимы, что позволяет выполнять МРТ с соблюдением определенных предостережений, которые указываются производителями этих устройств (максимально допустимая напряженность магнитного поля, продолжительность исследования) [5].

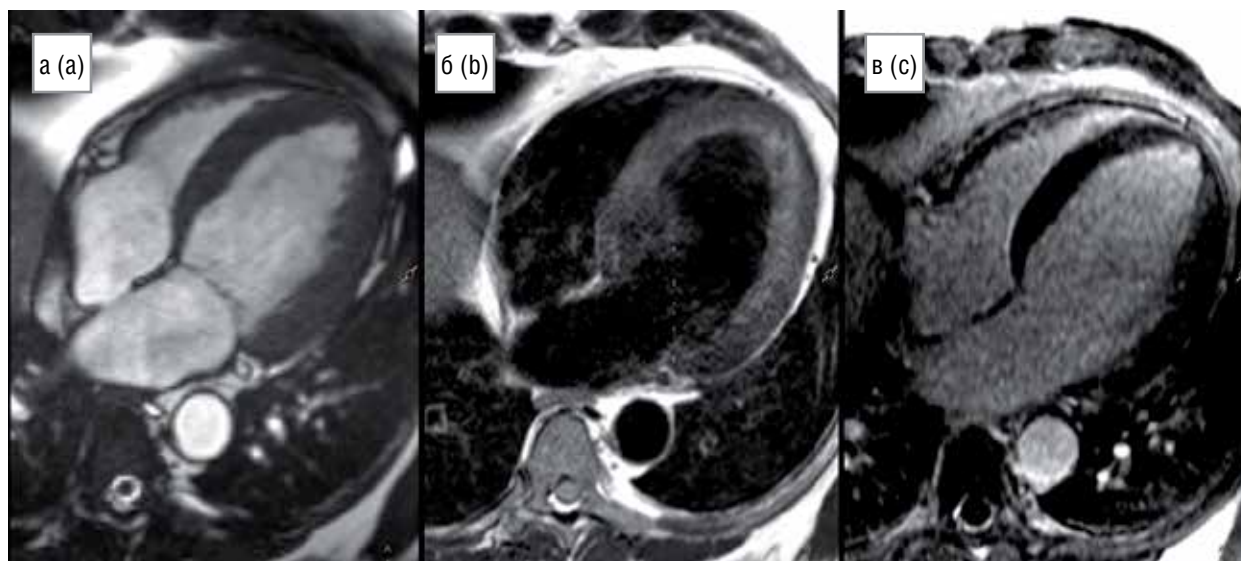


Рисунок 1. МРТ сердца [собственные данные]

а – кино-МРТ, 4-х камерная проекция, диастола; б – T2-взвешенные изображения, 4-х камерная проекция; в – МРТ с отсроченным контрастированием, 4-х камерная проекция

Figure 1. MRI of heart [own data]

а – cine-MRI, 4-chamber projection, diastole; б – T2-weighted images, 4-chamber projection; в – MRI with delayed contrast enhancement, 4-chamber projection

Существуют ограничения для использования гадолиний-содержащих контрастных препаратов (КП) у больных с выраженной почечной недостаточностью (скорость клубочковой фильтрации <30 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>) или тех, кто проходит гемодиализ, из-за риска возникновения нефрогенного системного фиброза (НСФ) [6]. Назначение контрастного исследования у таких больных должно обоснованным, в качестве контрастного препарата должны использоваться только средства с макроциклическим строением молекулы.

#### Измерение размера желудочков и систолической функции

МРТ признана «золотым стандартом» для оценки объемов желудочков и систолической функции. Точная измеряемая оценка фракции выброса левого желудочка имеет ключевое значение для классификации сердечной недостаточности и принятия клинических решений. Преимущества МРТ перед другими методами визуализации при анализе ФВ ЛЖ и движения стенок определяются высоким пространственным и временным разрешением и высокой воспроизводимостью.

МРТ определяет ФВ ЛЖ через истинную оценку диастолического и систолического объемов, что исключает необходимость в геометрических допущениях и обеспечивает точность независимо от степени ремоделирования или систолической дисфункции левого желудочка. Высокие показатели внутри- и межисследовательской воспроизводимости в определении ФВ ЛЖ также подтверждают надежность МРТ. Оценка ФВ ЛЖ предоставляет также важную прогностическую информацию, она является сильным независимым предиктором смерти от аритмии для пациентов с сердечной недостаточностью, а также играет важную роль в обосновании необходимости терапии устройствами для первичной профилактики внезапной сердечной смерти [7].

Достоинством МРТ является возможность точной оценки фракции выброса правого желудочка (ФВ ПЖ), несмотря на его сложную трехмерную анатомию и значительное разнообразие форм. ФВ ПЖ также имеет независимое прогностическое значение для пациентов с дилатационной кардиомиопатией и

тех, кто перенес инфаркт миокарда, независимо от показателей ФВ ЛЖ и величины инфаркта [8].

#### Хроническая сердечная недостаточность у больных ИБС

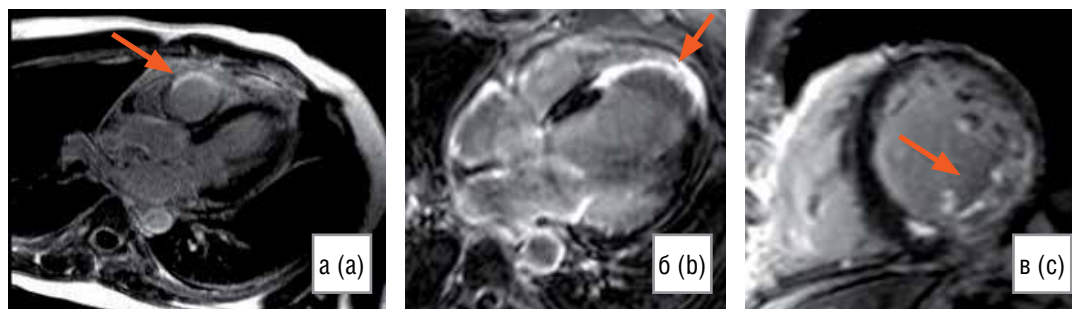
Понимание этиологии ХСН крайне важно для эффективного лечения и определения прогноза. Некоторые причины сердечной недостаточности могут быть полностью разрешены путем устранения проявлений основного заболевания, например, при саркоидозе сердца или при болезни Андерсона-Фабри. Распознавание этиологических факторов, особенно ишемической болезни сердца (ИБС), необходимо для индивидуализации терапии и инициирования вторичных профилактических стратегий [9].

Крайне важно исключать ИБС у каждого пациента с новым диагнозом сердечной недостаточности. Традиционно оценка ИБС проводилась с использованием инвазивной коронарной ангиографии. Однако, учитывая инвазивный характер этого метода диагностики, ее следует избегать, когда это возможно, особенно у пациентов с низкой и промежуточной вероятностью наличия ИБС. В настоящее время МРТ используется для дифференциальной диагностики ИБС с другими заболеваниями (миокардит, кардиомиопатии и другие), что позволяет установить этиологию СН.

МРТ позволяет выявлять ишемию миокарда, используя методику исследования перфузии под действием вазодилаторов, которая демонстрирует высокую чувствительность и специфичность [10]. Стресс-МРТ с добутамином может дополнительно оценить резерв сократимости.

МРТ является наиболее точным и эффективным методом выявления недиагностированных инфарктов миокарда (ИМ), а также оценки локализации и размеров уже перенесенных инфарктов, включая инфаркт миокарда правого желудочка (рис. 2).

Выявление с помощью МРТ отека предоставляет дополнительную информацию, помогая различать острые инфаркты миокарда и постинфарктный кардиосклероз [11]. Эта методика предоставляет важные прогностические данные, так как наличие отека связано с повышенным риском неблагоприятных кардиальных исходов и смертности.



**Рисунок 2. Выявление зон инфаркта миокарда при МРТ с отсроченным контрастированием [собственные данные]**

*а – МРТ с отсроченным контрастированием, 4-х камерная проекция (длинная ось ЛЖ). Стрелка указывает на зону инфаркта миокарда ПЖ; б – МРТ с отсроченным контрастированием, 4-х камерная проекция (длинная ось ЛЖ). Картина инфаркта миокарда МЖП и верхушки (указано стрелкой);*

*в – МРТ с отсроченным контрастированием, короткая ось ЛЖ. Субэндокардиальное (менее 50%) очаговое поражение (инфаркт миокарда) нижнебоковой стенки и пучков задней папиллярной мышцы (указано стрелкой).*

*На всех изображениях накопление контрастного препарата типично для ишемического поражения (трансмуральное и субэндокардиальное).*

**Figure 2. Detection of zones of myocardial infarction with MRI with delayed contrast enhancement [own data]**

*a – MRI with delayed contrast enhancement, 4-chamber projection (long axis of LV). Arrow points to zone of myocardial infarction of RV;*

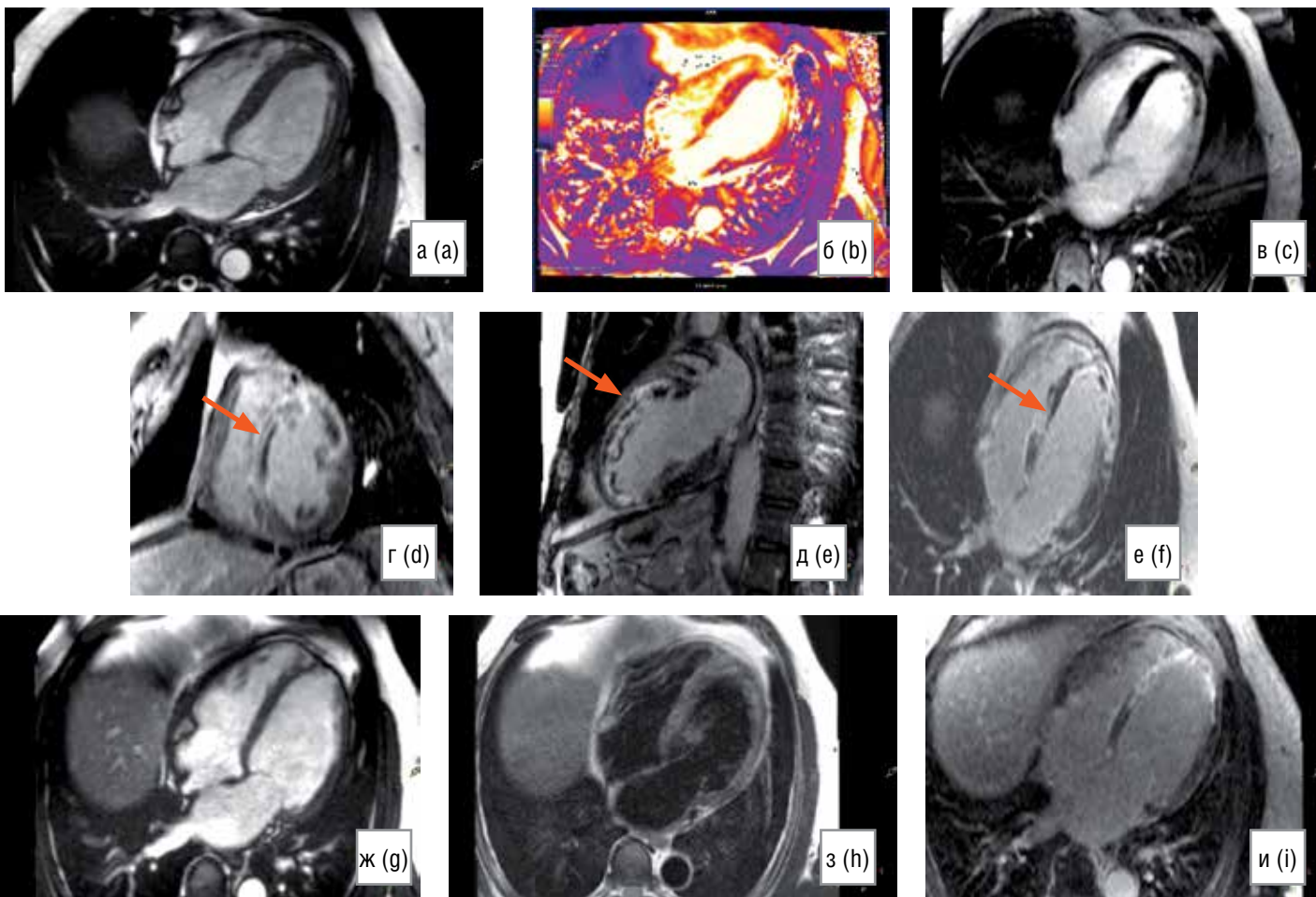
*b – MRI with delayed contrast enhancement, 4-chamber projection (long axis of LV). Picture of myocardial infarction of IVS and apex (indicated by arrow);*

*c – MRI with delayed contrast enhancement, short axis of LV. Subendocardial (less than 50%) focal lesion (myocardial infarction) of inferolateral wall and bundles of posterior papillary muscle (indicated by arrow).*

*In all images, accumulation of contrast agent is typical for ischemic lesion (transmural and subendocardial).*

Микрососудистая обструкция (МСО) выявляется как низкоинтенсивные зоны в контрастированном миокарде на изображениях с отсроченным контрастированием [12]. Наличие МСО является независимым предиктором ремоделирования левого

желудочка, независимо от размера инфаркта. МРТ превосходит другие методы визуализации в выявлении осложнений, которые могут усугубить сердечную недостаточность, таких как образование аневризм и внутрисполостных тромбов [13] (рис. 3).



**Рисунок 3. Клинический пример 1. Пациент А., 70 лет. Диагноз: ОИМ с подъемом сегмента ST [собственные данные]. Пациент был госпитализирован с диагнозом ОИМ с подъемом сегмента ST, ему была выполнена ангиопластика инфаркт-связанной коронарной артерии и назначена терапия в соответствии с клиническими рекомендациями Российского общества кардиологов. Через 6 мес. от развития ОИМ, несмотря на проводимое лечение, у больного появились клинические признаки хронической сердечной недостаточности, при ЭхоКГ было выявлено снижение ФВ до 33%. При анализе МРТ, выполненной на 7-е сутки инфаркта миокарда при первой госпитализации, обращает на себя наличие большой зоны микрососудистой обструкции, что является неблагоприятным фактором.**

Первые два ряда изображений (а-е) – результаты МРТ на 7-е сутки ОИМ; третий ряд (ж-и) – результаты МРТ через 6 мес. На T2-взвешенных изображениях с острой фазой (рис. 3(б)) определяется зона отека (стрелка), которая не определяется через 6 мес. (рис. 3(з)). На томограммах с отсроченным контрастированием (рис. 3 (г-е)) визуализируется большая зона трансмурального накопления, с признаками выраженной микрососудистой обструкции. При исследовании через 6 мес. сохраняется трансмуральное накопление в постинфарктном рубце, при кино-МРТ определяется снижение толщины миокарда в рубцовой зоне, снижение фракции выброса.

а – кино-МРТ, 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка, диастола; б – T2-картирование, 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка; в – МРТ с контрастированием, ранняя фаза (1-2 мин), 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка; г-е – МРТ с контрастированием, отсроченная фаза (10-15 мин): г – короткая ось левого желудочка; д – 2-камерная длинная ось левого желудочка, е – 4-камерная длинная ось левого желудочка; ж – кино-МРТ, 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка, диастола; з – T2-взвешенное изображение, 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка; и – МРТ с контрастированием, отсроченная фаза (10-15 мин), 4-камерная длинная ось левого желудочка.

**Figure 3. Clinical example 1. Patient A., 70 years old. Diagnosis: ST-segment elevation myocardial infarction [own data]. The patient was hospitalized with a diagnosis of ST-segment elevation myocardial infarction, underwent coronary angioplasty, and was treated according to the clinical guidelines of the Russian Society of Cardiology. Six months later, despite the treatment, the patient developed clinical signs of chronic heart failure, and an the decrease in EF to 33% was found. An MRI scan performed on the 7th day of the patient's first hospitalization revealed a large area of microvascular obstruction, which is an unfavorable factor.**

First two rows of images (a-e) – results of MRI on 7th day of acute myocardial infarction; third row (f-h) – results of MRI after 6 months. On T2-weighted images in acute phase (Fig. 3(b)), zone of edema is defined (arrow), which is not defined after 6 months (Fig. 3(f)). On tomograms with delayed contrast enhancement (Fig. 3 (g-e)), large zone of transmural accumulation is visualized, with features of pronounced microvascular obstruction. On investigation after 6 months, transmural accumulation in postinfarction scar is preserved, on cine-MRI reduction of thickness of myocardium in scar zone, reduction of ejection fraction is defined.

a – cine-MRI, 4-chamber projection on long axis of left ventricle, diastole; b – T2-mapping, 4-chamber projection on long axis of left ventricle; c – MRI with contrast enhancement, early phase (1-2 min), 4-chamber projection on long axis of left ventricle; d-f – MRI with contrast enhancement, delayed phase (10-15 min): d – short axis of left ventricle; e – 2-chamber long axis of left ventricle, f – 4-chamber long axis of left ventricle; g – cine-MRI, 4-chamber projection on long axis of left ventricle, diastole; h – T2-weighted image, 4-chamber projection on long axis of left ventricle; i – MRI with contrast enhancement, delayed phase (10-15 min), 4-chamber long axis of left ventricle.

Таким образом, МРТ не только способствует пониманию основных механизмов ХСН, обусловленной ишемической болезнью сердца, но и в перспективе может дать дополнительную информацию для разработки индивидуализированных стратегий лечения [14].

#### Хроническая сердечная недостаточность неишемического происхождения

Хроническая сердечная недостаточность неишемического происхождения может возникать на фоне различных заболеваний, особенно часто на фоне кардиомиопатий.

#### Дилатационная кардиомиопатия

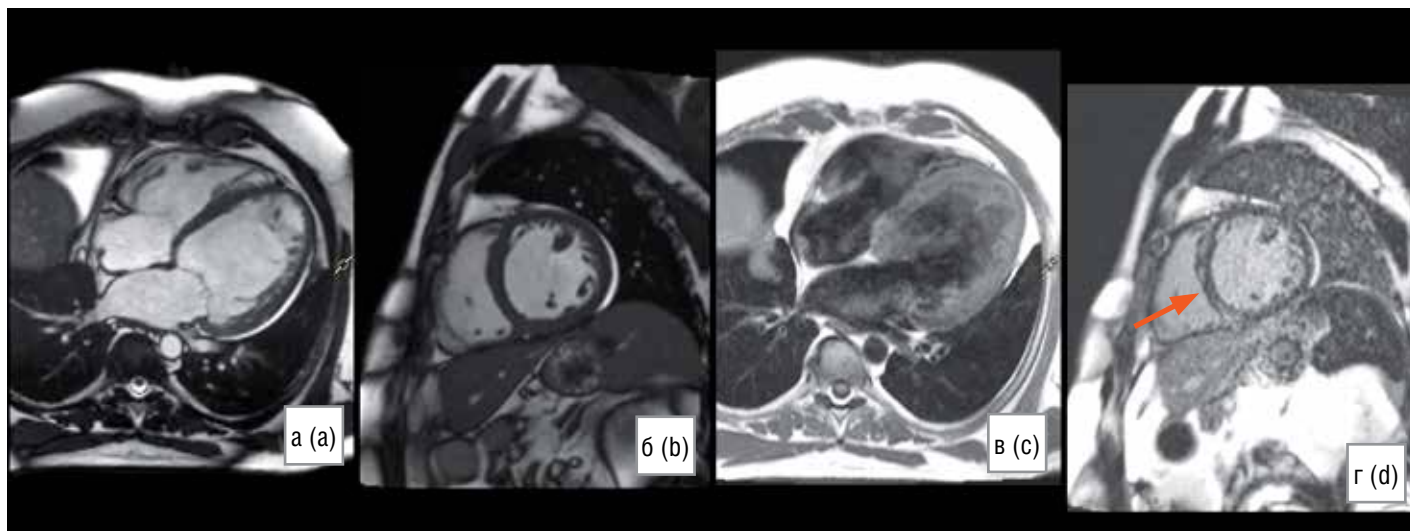
Дилатационная кардиомиопатия (ДКМП) является одной из самых распространенных причин ХСН. Диагностика ДКМП обычно включает исключение ИБС. Традиционные методы кардиологического обследования могут пропускать проявления ИБС при уже развившейся сердечной недостаточности, что встречается более чем в 10% случаев [15]. МРТ служит ценным дополнительным методом для исключения ИБС у пациентов с ДКМП, особенно у тех, у кого низка вероятность поражения коронарных артерий. С помощью МРТ у больных с ДКМП можно точно определить размеры и сократительную способность желудочков сердца. Кроме того, при МРТ с контрастированием при наличии рубцового поражения можно точно установить причину возникновения СН, так как накопление контрастного препарата вследствие ишемического повреждения и при ДКМП

отличаются. Для больных с ДКМП характерен интрамиокардиальный или субэпикардиальный типы накопления контрастного препарата, что отличает их от больных с постинфарктным кардиосклерозом, при котором тип накопления – субэндокардиальный (рис. 4).

#### Миокардит

Острый миокардит также может впервые проявляться признаками сердечной недостаточности, и примерно 9% случаев является причиной ДКМП при хроническом течении [16]. Диагностика миокардита обычно также включает исключение ИБС методом коронароангиографии, часто дополненной эндокардиальной биопсией. Кроме того, что инвазивный подход связан с рисками, возможны ошибки диагностики из-за очагового характера поражения миокарда [17].

МРТ является важным неинвазивным инструментом для диагностики острого миокардита. В случаях миокардита отсроченное контрастирование обычно наблюдается в субэпикардиальных областях, чаще затрагивает латеральные и нижнебоковые отделы ЛЖ (рис. 5). Подобно ДКМП, при миокардите может отмечаться интрамиокардиальное контрастирование. Важно помнить, что отсутствие накопления контрастного препарата не обязательно исключает диагноз миокардита. В некоторых случаях при отсутствии нарушения целостности кардиомиоцитов контрастирование может не определяться, диагноз ставится на основе других показателей, таких как отек и гиперемия миокарда [18].



**Рисунок 4. Клинический пример 2. Пациент А., 54 лет, д-з: дилатационная кардиомиопатия [собственные данные]. Больной считал себя здоровым до появления симптомов хронической сердечной недостаточности (одышка при небольшой физической нагрузке, отеки нижних конечностей). На основании жалоб пациента и данных ЭхоКГ больному был поставлен предварительный диагноз ИБС, постинфарктный кардиосклероз. Однако, по данным МРТ с контрастированием не было выявлено ишемического поражения миокарда, тип накопления контрастного препарата соответствовал таковому при неишемическом повреждении. Заключительный диагноз пациента: дилатационная кардиомиопатия.**

*а – кино-МРТ, 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка, диастола; б – кино-МРТ, короткая ось левого желудочка, диастола; в – T2-взвешенное изображение, 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка. Признаки отека миокарда отсутствуют; г – МРТ с отсроченным контрастированием, определяется зона интрамиокардиального контрастирования в МЖП и нижней стенке (указано стрелкой).*

**Figure 4. Clinical example 2. Patient A., 54 years old, diagnosis: dilated cardiomyopathy [own data]. Patient considered himself healthy until appearance of symptoms of chronic heart failure (dyspnea with slight physical exertion, edema of lower extremities). On basis of complaints of patient and EchoCG data, preliminary diagnosis of coronary heart disease, postinfarction cardiosclerosis was made for patient. However, according to MRI with contrast enhancement, ischemic lesion of myocardium was not detected, type of contrast agent accumulation corresponded to that with non-ischemic injury. Final diagnosis of patient: dilated cardiomyopathy.**

*a – cine-MRI, 4-chamber projection on long axis of left ventricle, diastole; b – cine-MRI, short axis of left ventricle, diastole; c – T2-weighted image, 4-chamber projection on long axis of left ventricle. Signs of myocardial edema are absent; d – MRI with delayed contrast enhancement, area of intramyocardial enhancement is defined in IVS and inferior wall (indicated by arrow).*

Оценка миокардита с помощью МРТ основывается на Лейк-Луизских критериях, которые учитывают различные патофизиологические процессы воспаления (отек, воспаление, повреждение миокарда). Диагноз подтверждается, когда присутствуют хотя бы два из трёх критериев: отек, выявленный на T2-взвешенных изображениях или при T2-картировании, гиперемия, выявленная с помощью T1-взвешенных изображений или T1-картирования, наличие накопления контрастного препарата неишемического характера [19].

Таким образом, применение МРТ у больных с ХСН неишемического происхождения, чаще всего возникающей на фоне ДКМП или миокардита, повышает точность диагностики, позволяет разработать стратегии лечения и, в конечном счете, улучшить результаты лечения пациентов в этой сложной клинической группе [20].

### Хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса

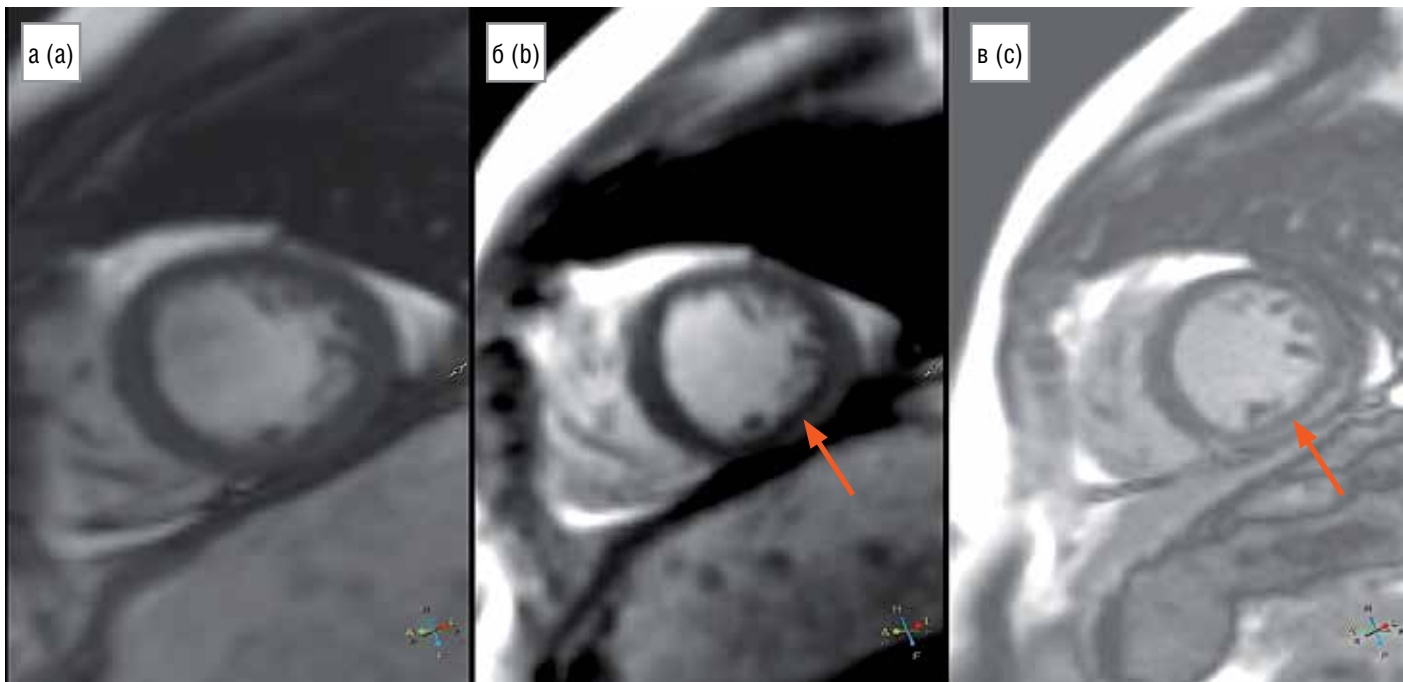
#### Гипертрофическая кардиомиопатия

Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП) — это наследственное заболевание, которое проявляется ассиметричным увеличением толщины стенок левого желудочка (ЛЖ). Благодаря высокой

пространственной разрешающей способности МРТ можно точно определить местоположение и степень гипертрофии, особенно в случаях апикальной формы, которую трудно выявить с помощью эхокардиографии (рис. 6). МРТ также полезна для выявления апикальных аневризм, которые могут привести к эмболическим осложнениям и усугубить течение заболевания. [21].

Контрастирование миокарда при ГКМП может быть разнообразным, включая очаговое контрастирование межжелудочковой перегородки интрамиокардиально вблизи соединения с правым желудочком и в участках гипертрофии, а также в нормальных областях. Наличие отсроченного контрастирования миокарда является независимым предиктором внезапной сердечной смерти и желудочковых аритмий, в то время как его отсутствие связано с низким риском [22].

Болезнь Андерсона-Фабри (БАФ) — это состояние, которое сложно дифференцировать с ГКМП. Дифференциальный диагноз в таких случаях важен, так как БАФ поддается лечению и хорошо реагирует на заместительную терапию. По данным МРТ при БАФ обычно выявляются зоны фиброза в миокарде базальных и средних сегментов переднелатеральной и заднелатеральной стенок [23-24].



**Рисунок 5. Клинический пример 3. Больной Г., 19 лет, д-з: миокардит [собственные данные]. Через 4 недели после перенесенной острой вирусной инфекции у больного появились симптомы хронической сердечной недостаточности, пациент был направлен на МРТ сердца с предварительным диагнозом: острый миокардит.**

*a – кино-МРТ, короткая ось левого желудочка, диастола; b – T2-взвешенное изображение, короткая ось левого желудочка. Стрелка указывает на субэпикардальную зону отека миокарда в боковой стенке ЛЖ; в – МРТ с отсроченным контрастированием, короткая ось левого желудочка. Стрелка указывает на субэпикардальную зону накопления контрастного препарата в миокарде в боковой стенке ЛЖ. У пациента определяются субэпикардально расположенные зоны отека и накопления контрастного препарата. Такой тип изменений является признаком воспалительного поражения, не встречается при ишемическом поражении. У больного присутствуют два из трех Лейк-Луизских критериев острого миокардита (отек и отсроченное контрастирование), что позволяет поставить по данным МРТ диагноз острого воспалительного поражения.*

**Figure 5. Clinical example 3. Patient G., 19 years old, diagnosis: myocarditis [own data]. After 4 weeks after suffered acute viral infection, in patient appeared symptoms of chronic heart failure, patient was directed for MRI of heart with preliminary diagnosis: acute myocarditis.**

*a – cine-MRI, short axis of left ventricle, diastole; b – T2-weighted image, short axis of left ventricle. Arrow points to subepicardial zone of edema of myocardium in lateral wall of LV; c – MRI with delayed contrast enhancement, short axis of left ventricle. Arrow points to subepicardial zone of accumulation of contrast agent in myocardium in lateral wall of LV.*

*In patient are determined subepicardially located zones of edema and accumulation of contrast agent. Such type of changes is sign of inflammatory lesion, is not met at ischemic lesion. In patient are present two of three Lake Louise criteria of acute myocarditis (edema and delayed contrast enhancement), which allows to make by data of MRI diagnosis of acute inflammatory lesion.*

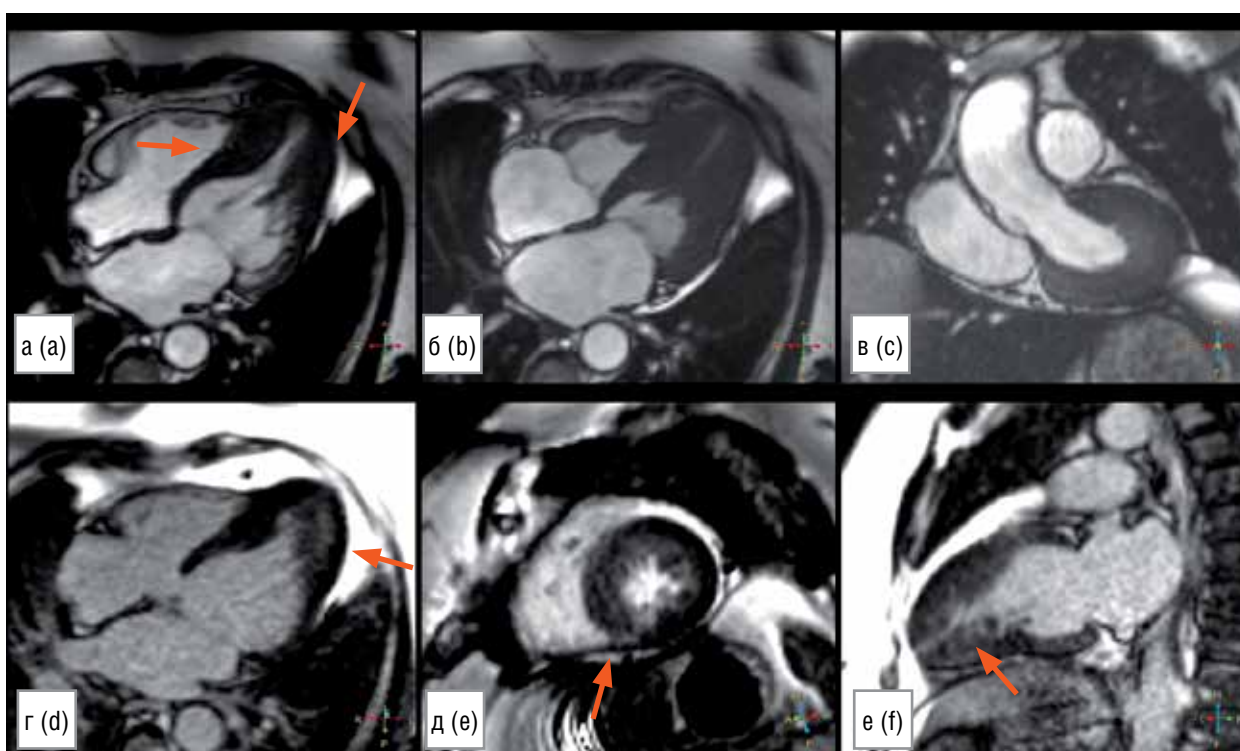
### Амилоидоз

Амилоидоз сердца может стать первым признаком системного [25]. В тех случаях, когда развивается сердечная недостаточность, пациенты без лечения часто умирают в течение шести месяцев, что подчеркивает важность правильной диагностики. МРТ эффективно выявляет при амилоидозе морфологические изменения, такие как гипертрофия желудочков, утолщение межпредсердной перегородки и клапанов, расширение предсердий и перикардиальный выпот (рис. 7). Контрастное усиление при амилоидозе имеет особенные характеристики: от циркулярного субэндокардиального контрастирования левого желудочка до "полосатого" паттерна с субэндокардиальным накоплением в обоих желудочках или очагового трансмурального контрастирования. Выраженность контрастирования миокарда в левом желудочке хорошо коррелирует с тяжестью сердечной недостаточности и выживаемостью пациентов с кардиальным амилоидозом [26].

### МРТ сердца у больных с ХСН перед имплантацией внутрисердечных устройств и хирургическими вмешательствами

ФВ ЛЖ является важным параметром при определении показаний к имплантации внутрисердечных устройств у пациентов с тяжелой хронической сердечной недостаточностью. МРТ обеспечивает высокую точность в определении ФВ ЛЖ, что помогает прогнозировать, как пациенты отреагируют на терапию кардиоресинхронизации. Важно отметить, что наличие отсроченного контрастирования в таких зонах, как перегородка или заднебоковая стенка, ассоциируется с низкой эффективностью ресинхронизирующей терапии [27, 28].

Кроме прогнозирования результатов лечения, МРТ также имеет перспективы для оценки отторжения трансплантата после операций на сердце и мониторинга результатов стволовой терапии у пациентов с хронической сердечной недостаточностью.



**Рисунок 6. Клинический пример 4. Больной А, 47 лет. Гипертрофическая кардиомиопатия [собственные данные]**

*а – кино-МРТ, 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка, диастола; б – кино-МРТ, 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка, систола; в – кино-МРТ, проекция выносящего тракта ЛЖ, систола; г – МРТ с отсроченным контрастированием, 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка; д – МРТ с отсроченным контрастированием, короткая ось левого желудочка; е – МРТ с отсроченным контрастированием, 2-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка.*

*У пациента с гипертрофической кардиомиопатией определяется утолщение МЖП в среднем и апикальном сегментах, а также низкое прикрепление папиллярных мышц (рис. 6а, указано стрелками). В систолу определяется облитерация полости ЛЖ, что приводит к внутрижелудочковой обструкции ЛЖ (рис. 6б). На кино-МРТ в плоскости выносящего тракта ЛЖ признаков обструкции выносящего тракта ЛЖ не выявлено. На всех томограммах с отсроченным контрастированием определяются зоны накопления контрастного препарата интрамиокардиальной и субэпикардиальной локализации, что является типичной находкой при гипертрофии миокарда.*

**Figure 6. Clinical example 5. Patient A, 47 years old. Hypertrophic cardiomyopathy [own data]**

*a – cine-MRI, 4-chamber projection on long axis of left ventricle, diastole; b – cine-MRI, 4-chamber projection on long axis of left ventricle, systole; c – cine-MRI, projection of left ventricular outflow tract, systole; d – MRI with delayed contrast enhancement, 4-chamber projection on long axis of left ventricle; e – MRI with delayed contrast enhancement, short axis of left ventricle; f – MRI with delayed contrast enhancement, 2-chamber projection on long axis of left ventricle.*

*In patient with hypertrophic cardiomyopathy is determined thickening of IVS in middle and apical segments, also low attachment of papillary muscles (Fig. 6a, indicated by arrows). In systole is determined obliteration of LV cavity, which leads to intraventricular obstruction of LV (Fig. 6b). On cine-MRI in plane of LV outflow tract signs of obstruction of LV outflow tract are not revealed. On all tomograms with delayed contrast enhancement are determined zones of accumulation of contrast agent intramyocardial and subepicardial localization, which is typical finding in hypertrophy of myocardium.*

МРТ зарекомендовала себя как надежный инструмент для комплексной оценки больных с тяжелой хронической сердечной недостаточностью. Она позволяет ответить на множество клинических вопросов на разных стадиях заболевания сердца [29]. Хотя для достижения самых точных результатов необходима современная программная платформа, большинство современных МРТ-аппаратов могут выполнять основные кардиологические протоколы, которые точно анализируют анатомию и функцию сердца.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе продемонстрированы возможности МРТ сердца в обследовании больных с хронической сердечной не-

достаточностью. За последнее десятилетие техническое совершенствование магнитно-резонансных томографов, появление принципиально новых импульсных последовательностей, совершенствование программного обеспечения значительно расширили возможности метода, который стал важным инструментом диагностики и прогнозирования течения различных заболеваний сердца. Она считается «золотым стандартом» в оценке функции желудочков сердца и позволяет неинвазивно выявлять некротические и фиброзные изменения в миокарде. МРТ сердца играет важную роль в диагностике хронической сердечной недостаточности, помогая клиницистам адаптировать лечение под индивидуальные нужды пациентов и улучшать результаты терапии.

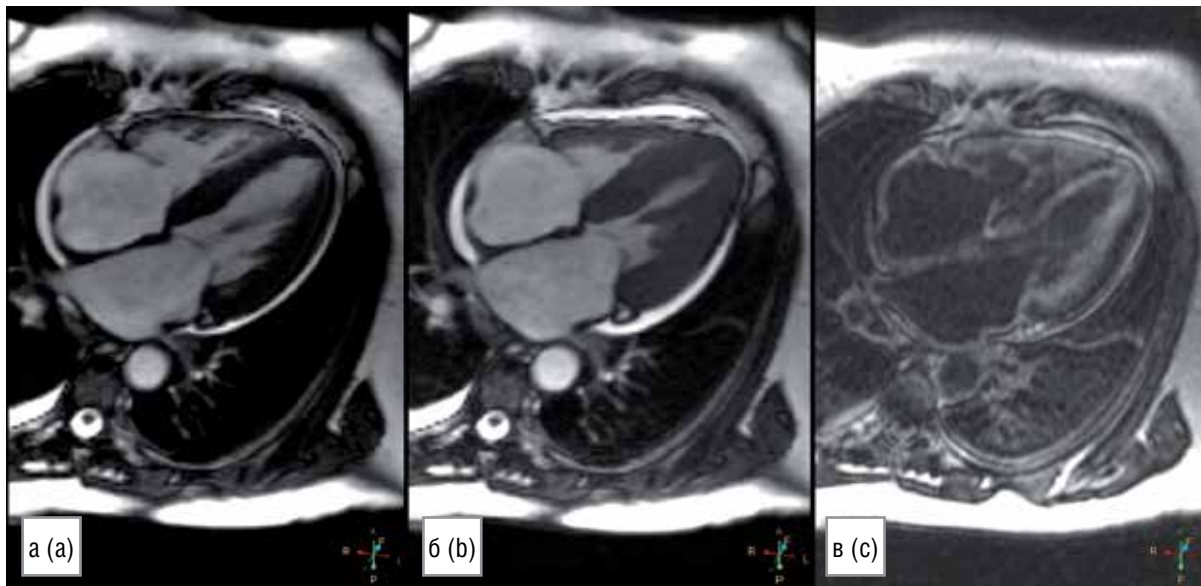


Рисунок 7. Клинический пример 6. Больная М., 78 лет, диагноз: амилоидоз сердца [собственные данные]. Пациентка длительно страдала артериальной гипертензией, при появлении симптомов сердечной недостаточности было выявлено нарастание толщины миокарда МЖП с 14 до 17 мм. Была направлена на МРТ сердца с контрастированием для подтверждения диагноза амилоидоз сердца.

#### Амилоидоз сердца

а – кино-МРТ 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка, диастола; б – кино- МРТ 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка, систола; в- МРТ с отсроченным контрастированием 4-х камерная проекция по длинной оси левого желудочка. На кино-МРТ (определяется концентрическая гипертрофия миокарда ЛЖ, небольшой размер полости ЛЖ в диастоле. На томограмме с отсроченным контрастированием отмечается циркулярное субэпикардальное накопление контрастного препарата во всех стенках ЛЖ, а также передней стенке ПЖ. Такой тип накопления характерен только для пациентов с амилоидозом.

Figure 7. Clinical example 6. Patient M., 78 years old, diagnosis: cardiac amyloidosis [own data]. Patient long suffered arterial hypertension, at appearance of symptoms of heart failure was detected increase of thickness of myocardium of IVS from 14 to 17 mm. Was directed for MRI of heart with contrast enhancement for confirmation of diagnosis cardiac amyloidosis.

#### Cardiac amyloidosis

а – cine-MRI 4-chamber projection on long axis of left ventricle, diastole; б – cine-MRI 4-chamber projection on long axis of left ventricle, systole; в – MRI with delayed contrast enhancement 4-chamber projection on long axis of left ventricle. On cine-MRI (is determined concentric hypertrophy of myocardium of LV, small size of LV cavity in diastole. On tomogram with delayed contrast enhancement is noted circular subepicardial accumulation of contrast agent in all walls of LV, as well as anterior wall of RV. Such type of accumulation is characteristic only for patients with amyloidosis.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES:

1. Triposkiadis F., Butler J., Abboud F.M., et al. The continuous heart failure spectrum: Moving beyond an ejection fraction classification. *European Heart Journal*. 2019;40(26):2155–2163. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz158>
2. Keller M., Magunia H., Rosenberger P., Koeppen M. Echocardiography as a Tool to Assess Cardiac Function in Critical Care-A Review. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2026;13(5):839. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13050839>
3. Elmadi J., Satish Kumar L., Pugalenti L., et al. Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging: A Prospective Modality in the Diagnosis and Prognostication of Heart Failure. *Cureus*. 2022;14(4):e23840. <https://doi.org/10.7759/cureus.23840>
4. Стукалова О.В., Беляевская А.А., Терновой С.К. Оценка фракции выброса левого желудочка с помощью кино-МРТ без задержки дыхания и синхронизации с ЭКГ. *REJR* 2024;14(1):89-97. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2024-14-1-89-97>
5. Soloff EV, Wang CL. Safety of Gadolinium-Based Contrast Agents in Patients with Stage 4 and 5 Chronic Kidney Disease: a Radiologist's Perspective. *Kidney360*. 2020 Jan 9;1(2):123-126. <https://doi.org/10.34067/KID.0000502019>
6. Barison A, Baritussio A, Cipriani A, De Lazzari M, Aquaro GD,

- Guaricci AI, Pica S, Pontone G, Todiere G, Indolfi C, Dellegrottaglie S; Working Group on Cardiac Magnetic Resonance of the Italian Society of Cardiology. Cardiovascular magnetic resonance: What clinicians should know about safety and contraindications. *Int J Cardiol.* 2021 May 15;331:322-328. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2021.02.003>
7. Jiang M, Lu M, Zhao S. Cardiac Functional Assessment by Magnetic Resonance Imaging. *Cardiol Discov.* 2024 Dec;4(4):284-299. <https://doi.org/10.1097/CD9.0000000000000141>
  8. Hahn RT, Lerakis S, Delgado V, Addetia K, Burkhoff D, Muraru D, Pinney S, Friedberg MK. Multimodality Imaging of Right Heart Function: JACC Scientific Statement. *J Am Coll Cardiol.* 2023 May 16;81(19):1954-1973. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.03.392>
  9. Shams P, Malik A, Chhabra L. Heart Failure (Congestive Heart Failure). 2025 Feb 26. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. PMID: 28613623. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430873/>
  10. Li XM, Jiang L, Min CY, Yan WF, Shen MT, Liu XJ, Guo YK, Yang ZG. Myocardial Perfusion Imaging by Cardiovascular Magnetic Resonance: Research Progress and Current Implementation. *Curr Probl Cardiol.* 2023 Jun;48(6):101665. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2023.101665>
  11. Patel AR, Salerno M, Kwong RY, Singh A, Heydari B, Kramer CM. Stress Cardiac Magnetic Resonance Myocardial Perfusion Imaging: JACC Review Topic of the Week. *J Am Coll Cardiol.* 2021 Oct 19;78(16):1655-1668. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.08.022>
  12. Reynolds HR, Maehara A, Kwong RY, Sedlak T, Saw J, Smilowitz NR, Mahmud E, Wei J, Marzo K, Matsumura M, Seno A, Hausvater A, Giesler C, Jhalani N, Toma C, Har B, Thomas D, Mehta LS, Trost J, Mehta PK, Ahmed B, Bainey KR, Xia Y, Shah B, Attubato M, Bangalore S, Razzouk L, Ali ZA, Merz NB, Park K, Hada E, Zhong H, Hochman JS. Coronary Optical Coherence Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging to Determine Underlying Causes of Myocardial Infarction With Nonobstructive Coronary Arteries in Women. *Circulation.* 2021 Feb 16;143(7):624-640. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.052008. Epub 2020 Nov 14. Erratum in: *Circulation.* 2023 Feb 21;147(8):e624. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.120.052008>
  13. Calviere C, Riva A, Sturla F, Dominici L, Conia L, Gaudio C, Miraldi F, Secchi F, Galea N. Left Ventricular Adverse Remodeling in Ischemic Heart Disease: Emerging Cardiac Magnetic Resonance Imaging Biomarkers. *J Clin Med.* 2023 Jan 1;12(1):334. <https://doi.org/10.3390/jcm12010334>
  14. Liu C, Ferrari VA, Han Y. Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging and Heart Failure. *Curr Cardiol Rep.* 2021 Mar 8;23(4):35. <https://doi.org/10.1007/s11886-021-01464-9>
  15. Schultheiss HP, Fairweather D, Caforio ALP, Escher F, Hershberger RE, Lipshultz SE, Liu PP, Matsumori A, Mazzanti A, McMurray J, Priori SG. Dilated cardiomyopathy. *Nat Rev Dis Primers.* 2019 May 9;5(1):32. <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0084-1>
  16. Lampejo T, Durkin SM, Bhatt N, Guttman O. Acute myocarditis: aetiology, diagnosis and management. *Clin Med (Lond).* 2021 Sep;21(5):e505-e510. <https://doi.org/10.7861/clinmed.2021-0121>
  17. Vidusa L, Kalejs O, Maca-Kaleja A, Strumfa I. Role of Endomyocardial Biopsy in Diagnostics of Myocarditis. *Diagnostics (Basel).* 2022 Aug 30;12(9):2104. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12092104>
  18. Khanna S, Amarasekera AT, Li C, Bhat A, Chen HHL, Gan GCH, Ugander M, Tan TC. The utility of cardiac magnetic resonance imaging in the diagnosis of adult patients with acute myocarditis: a systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol.* 2022 Sep 15;363:225-239. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2022.06.047>
  19. Coraducci F, De Zan G, Fedele D, Costantini P, Guaricci AI, Pavon AG, Teske A, Cramer MJ, Broekhuizen L, Van Osch D, Danad I, Velthuis B, Suchá D, van der Bilt I, Pizzi C, Russo AD, Oerlemans M, van Laake LW, van der Harst P, Guglielmo M. Cardiac magnetic resonance in advanced heart failure. *Echocardiography.* 2024 Jun;41(6):e15849. <https://doi.org/10.1111/echo.15849>
  20. Authors/Task Force Members; McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumhach A, Böhm M, Burri H, Butler J, Čelutkienė J, Chioncel O, Cleland JGF, Coats AJS, Crespo-Leiro MG, Farmakis D, Gilard M, Heymans S, Hoes AW, Jaarsma T, Jankowska EA, Lainscak M, Lam CSP, Lyon AR, McMurray JJV, Mebazaa A, Mindham R, Muneretto C, Francesco Piepoli M, Price S, Rosano GMC, Ruschitzka F, Kathrine Skibelund A; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: Developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail.* 2022 Jan;24(1):4-131. <https://doi.org/10.1002/ehf.2333>
  21. Maron BJ, Desai MY, Nishimura RA, Spirito P, Rakowski H, Towbin JA, Rowin EJ, Maron MS, Sherrid MV. Diagnosis and Evaluation of Hypertrophic Cardiomyopathy: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2022 Feb 1;79(4):372-389. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.12.002>
  22. Rowin EJ, Maron BJ, Maron MS. The Hypertrophic Cardiomyopathy Phenotype Viewed Through the Prism of Multimodality Imaging: Clinical and Etiologic Implications. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2020 Sep;13(9):2002-2016. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.09.020>
  23. Aquaro GD, De Gori C, Faggioni L, Parisella ML, Aringhieri G, Cioni D, Lencioni R, Neri E. Cardiac Magnetic Resonance in Fabry Disease: Morphological, Functional, and Tissue Features. *Diagnostics (Basel).* 2022 Nov 1;12(11):2652. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12112652>
  24. Путило Д.В., Стукалова О.В., Шалагинова Ю.О., Матчина А.Ю., Сухинина Т.С. МРТ в диагностике острого инфаркта миокарда у пациентки с гипертрофической кардиомиопатией. *REJR* 2023;13(1):126-133. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2023-13-1-126-133>  
[Putilo D.V., Stukalova O.V., Shalaginova Yu.O., Matchina A.Yu., Sukhinina T.S. MRI in diagnosis of acute myocardial infarction in a patient with hypertrophic cardiomyopathy. *REJR* 2023;13(1):126-133. (In Russ.) <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2023-13-1-126-133>]
  25. Cuddy SAM, Falk RH. Amyloidosis as a Systemic Disease in Context. *Can J Cardiol.* 2020 Mar;36(3):396-407. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2019.12.033>
  26. Huang H, Liu Y, Chen X, Guo H, Yin Y, Ding M, Liu Y. Analysis and insights of cardiac amyloidosis: novel perception of rare diseases in cardiology. *Am J Transl Res.* 2024 Sep 15;16(9):4534-4548. <https://doi.org/10.62347/KXHZ6884>
  27. Shams P, Goyal A, Makaryus AN. Left Ventricular Ejection Fraction. 2025 Jun 14. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. PMID: 29083812. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459131/>
  28. Стукалова О.В., Миронова Н.А., Уцумуева М.Д., Каштанова С.Ю., Буторова Е.А., Шитов В.Н., Тарасовский Г.С., Голицын С.П., Терновой С.К. Эффективность сердечной ресинхронизирующей терапии у пациентов с хронической сердечной недостаточностью различной этиологии в зависимости от структурного поражения миокарда по данным магнитнорезонансной томографии сердца с контрастированием. *Российский кардиологический журнал.* 2019;24(12):22-32. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-12-22-32>  
[Stukalova O.V., Mironova N.A., Utsumueva M.D., Kashtanova S.Yu., Butorova E.A., Shitov V.N., Tarasovsky G.S., Golitsyn S.P., Ternovoy S.K. The effectiveness of cardiac resynchronization therapy in patients with chronic heart failure of various origin depending on the structural myocardial injury in cardiac magnetic resonance imaging. *Russian Journal of Cardiology.* 2019;(12):22-32. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-12-22-32>]
  29. Coraducci F, De Zan G, Fedele D, Costantini P, Guaricci AI, Pavon AG, Teske A, Cramer MJ, Broekhuizen L, Van Osch D, Danad I, Velthuis B, Suchá D, van der Bilt I, Pizzi C, Russo AD, Oerlemans M, van Laake LW, van der Harst P, Guglielmo M. Cardiac magnetic resonance in advanced heart failure. *Echocardiography.* 2024 Jun;41(6):e15849. doi: 10.1111/echo.15849. PMID:38837443.