

Роль магнитно-резонансной томографии в диагностике постинфарктных аневризм левого желудочка: одноцентровое проспективное наблюдательное исследование

А.М. Чернявский^{1,2}, М.А. Московских³, А.В. Протопопов¹, С.Е. Хрущев⁴, Д.А. Сирота^{1,2}

Для корреспонденции: Андрей Владимирович Протопопов, andrew-uss@yandex.ru

Поступила в редакцию 27 декабря 2024 г.

Исправлена 8 мая 2025 г. Принята

к печати 24 ноября 2025 г.

Цитировать: Чернявский А.М., Московских М.А., Протопопов А.В. Хрущев С.Е., Сирота Д.А. Роль магнитно-резонансной томографии в диагностике постинфарктных аневризм левого желудочка: одноцентровое проспективное наблюдательное исследование. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2026;30(1): 55-66. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2026-1-55-66>

Информированное согласие

Получено информированное согласие пациентов на использование медицинских данных в научных целях.

Финансирование

Работа С.Е. Хрущева была поддержана Программой фундаментальных научных исследований Сибирского отделения Российской академии наук (проект № FWNF-2024-0001). Спонсоры не принимали участия в разработке дизайна исследования, сборе и анализе данных, принятии решения о публикации или подготовке рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн работы: А.М. Чернявский, М.А. Московских

Сбор и анализ данных: М.А. Московских

Статистическая обработка данных: С.Е. Хрущев

Написание статьи: М.А. Московских

Исправление статьи: М.А. Московских,

А.В. Протопопов, Д.А. Сирота

Утверждение окончательного

варианта статьи: все авторы

ORCID

А.М. Чернявский,

<https://orcid.org/0000-0001-9818-8678>

М.А. Московских,

<https://orcid.org/0009-0002-5110-9658>

А.В. Протопопов,

<https://orcid.org/0000-0002-2617-2447>

С.Е. Хрущев, <https://orcid.org/0000-0002-0281-5022>

Д.А. Сирота, <https://orcid.org/0000-0002-9940-3541>

© Чернявский А.М., Московских М.А.,

Протопопов А.В., Хрущев С.Е., Сирота Д.А., 2026

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Новосибирской области «Консультативно-диагностическая поликлиника № 2», Новосибирск, Российская Федерация

⁴ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. Магнитно-резонансная томография позволяет оценить общую и регионарную сократимость миокарда левого желудочка, а применение контрастного усиления – глубину поражения стенки, что в совокупности является важным прогностическим критерием улучшения сократительной способности миокарда в послеоперационном периоде.

Цель. Определить диагностические возможности магнитно-резонансной томографии при постинфарктных аневризмах сердца.

Методы. Для включения в проспективное наблюдательное исследование методом ультразвукового сканирования и магнитно-резонансной томографии обследовано 160 пациентов с постинфарктной аневризмой сердца. Всем пациентам выполнено предоперационное моделирование полости левого желудочка.

Результаты. Магнитно-резонансная томография позволяет определить большее количество сегментов с нарушением кинетики по сравнению с эхокардиографией. При оценке локальной сократимости при магнитно-резонансной томографии с отсроченным контрастированием определено большее количество сегментов с нарушенным кинезом. В среднем на одного пациента пришлось $4,40 \pm 0,95$ сегмента с нарушенной кинетикой. Средняя разница по количеству сегментов составила 68 [60; 87]. Выявлена отрицательная корреляционная связь между глубиной поражения миокарда и вариантом нарушения локальной сократимости: с увеличением индекса трансмуральности уменьшается количество сегментов с гипокинезом ($r = -0,74; p = 0,032$) и увеличивается количество сегментов с акинезом ($r = 0,82; p = 0,026$). При оценке диагностической эффективности магнитно-резонансная томография показала результаты выше по показателю чувствительности и специфичности в диагностике постинфарктной аневризмы левого желудочка – 97,6 и 100 %, а при эхокардиографии показатели составили 68,5 и 8,3 % соответственно.

Заключение. Магнитно-резонансная томография позволяет определить большее количество сегментов с нарушением кинетики по сравнению с эхокардиографией. Применение магнитно-резонансной томографии с отсроченным контрастированием значительно повышает информативность метода. Данный метод является безопасным и не увеличивает госпитальную летальность.

Ключевые слова: аневризма левого желудочка; диагностика аневризмы сердца; магнитно-резонансная томография сердца



The role of magnetic resonance imaging in the diagnosis of post-infarction left ventricular aneurysms: a single-center prospective observational study

Aleksandr M. Chernyavskiy^{1,2}, Mariya A. Moskovskikh³, Andrey V. Protopopov¹, Sergey Ye. Khrushchev⁴, Dmitry A. Sirota^{1,2}

Corresponding author: Andrey V. Protopopov, andrew-uss@yandex.ru

Received 27 December 2024. Revised 8 May 2025.
Accepted 24 November 2025.

How to cite: Chernyavskiy A.M., Moskovskikh M.A., Protopopov A.V., Khrushchev S.Ye., Sirota D.A. The role of magnetic resonance imaging in the diagnosis of post-infarction left ventricular aneurysms: a single-center prospective observational study. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2026;30(1): 55-66. (In Russ.) <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2026-1-55-66>

Informed consent

The patient's informed consent to use the records for medical purposes is obtained.

Funding

The participation of S. Khrushchev was supported by the Program for Fundamental Scientific Research of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (project FWNF-2024-0001). The funders had no role in the study design, data collection and analysis, decision to publish, or manuscript preparation.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Contribution of the authors

Conception and study design: A.M. Chernyavskiy, M.A. Moskovskikh
Data collection and analysis: M.A. Moskovskikh
Statistical analysis: S.E. Khrushchev
Drafting the article: M.A. Moskovskikh
Critical revision of the article: M.A. Moskovskikh, A.V. Protopopov, D.A. Sirota
Final approval of the version to be published: all authors

ORCID

A.M. Chernyavskiy,
<https://orcid.org/0000-0001-9818-8678>

M.A. Moskovskikh,
<https://orcid.org/0009-0002-5110-9658>

A.V. Protopopov,
<https://orcid.org/0000-0002-2617-2447>

S.Ye. Khrushchev,
<https://orcid.org/0000-0002-0281-5022>

D.A. Sirota,
<https://orcid.org/0000-0002-9940-3541>

© 2026 Chernyavskiy et al.

¹ Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russian Federation

³ State Budget Healthcare Institution of the Novosibirsk Region, Outpatient Diagnostic Clinic No. 2, Novosibirsk, Russian Federation

⁴ Sobolev Institute of Mathematics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

Abstract

Introduction. Magnetic resonance imaging allows for the assessment of overall and regional myocardial contractility of the left ventricle, and the use of contrast enhancement evaluates the depth of wall damage, which together serve as important prognostic criteria for the improvement of myocardial contractile function in the postoperative period.

Objective. To determine the diagnostic capabilities of magnetic resonance imaging in post-infarction cardiac aneurysms.

Methods. For inclusion in the prospective observational study, 160 patients with post-infarction heart aneurysms were assessed. Preoperative modeling of the left ventricle cavity was performed on all patients.

Results. Magnetic resonance imaging reliably detects a greater number of segments with impaired kinetic function compared to echocardiography. In the assessment of local contractility using delayed contrast enhancement, a higher number of segments with impaired kinetics were identified. On average, each patient had 4.40 ± 0.95 segments with abnormal kinetics. The average difference in the number of segments amounted to 68 segments [60; 87]. A negative correlation was observed between the depth of myocardial damage and the type of local contractility impairment: as the transmural index increased, the number of segments with hypokinesis decreased ($r = -0.74$; $p = 0.032$), while the number of segments with akinesis increased ($r = 0.82$; $p = 0.026$). In terms of diagnostic performance, MRI demonstrated superior sensitivity and specificity for diagnosing post-infarction left ventricular aneurysm, with values of 97.6 % and 100 %, respectively, compared to echocardiography, which had sensitivity and specificity values of 68.5 % and 8.3 %, respectively.

Conclusion. Magnetic resonance imaging reliably detects a greater number of segments with impaired kinetic function compared to echocardiography. It allows for the reliable detection of a greater number of segments with kinetic impairment compared to echocardiography. The use of MRI with delayed contrast enhancement increases the informativeness of the method. This technique is safe and does not increase hospital mortality.

Keywords: cardiac magnetic resonance imaging; diagnostic performance; left ventricular aneurysm



Введение

Несмотря на достижения современной кардиологии в лечении больных с острым инфарктом миокарда, сохраняется достаточно большая группа пациентов, у которых формируется постинфарктная

аневризма левого желудочка (ЛЖ) [1; 2], требующая хирургического лечения [3]. Данная когорта пациентов является более тяжелой [4] по сравнению с несложившейся ишемической болезнью сердца (ИБС), так как формирование постинфарктной аневриз-

мы ЛЖ зачастую происходит на фоне многососудистого поражения коронарного русла [5] и сопровождается снижением систолической функции ЛЖ [6], в результате чего снижается качество жизни и трудоспособность [7; 8]. Основным методом лечения хронической сердечной недостаточности (ХСН), развивающейся вследствие постинфарктной аневризмы ЛЖ, в настоящее время является хирургический. Несмотря на большую историю этого вопроса, остается много нерешенных проблем по отбору пациентов на хирургическое лечение. Современные методы диагностики, в частности магнитно-резонансная томография (МРТ), позволяют дифференцировать по слоям стенки сердца [9], имеют возможность описать общую и регионарную сократимость миокарда ЛЖ, что дает реальные представления о функциональных возможностях сердца [10] и наличии внутрисердечных тромбов [11]. Кроме того, МРТ с контрастным усилением позволяет оценить глубину рубцового поражения миокарда [12–14], что служит важным прогностическим критерием улучшения сократительной функции миокарда ЛЖ после реваскуляризации [15].

Первичной точкой исследования являлась абсолютная разница между прогнозируемым на основании моделирования и фактическим индексом конечного систолического объема (КСО), оцененным

после операции. Расчет размера выборки основывался на предположении, что указанная разница составит 10 мл/м² в группе МРТ и 15 мл/м² в группе эхокардиографии (ЭхоКГ), т.е. клинически значимый эффект равен 5 мл/м² при стандартном отклонении, равном 9 мл/м². Таким образом, было рассчитано, что для обнаружения клинически значимого эффекта будет достаточно включить в исследование 104 пациентов (52 в каждую группу). Для компенсации незавершенных наблюдений расчетный размер выборки был увеличен на 15 %, таким образом, итоговый размер выборки составил 120 пациентов (по 60 в каждой группе) при мощности, равной 80 %, и уровне ошибки I типа, равном 5 %.

Исследование состоит из двух этапов. Данная статья посвящена первому этапу исследования, где на соответствие критериям включения было обследовано 160 пациентов, результаты ЭхоКГ и МРТ которых впоследствии были использованы для оценки диагностических возможностей методов по выявлению постинфарктных аневризм ЛЖ. Второй этап исследования с рандомизацией пациентов в данной статье не освещается.

Цель – определить диагностические возможности МРТ в выявлении постинфарктных аневризм сердца.

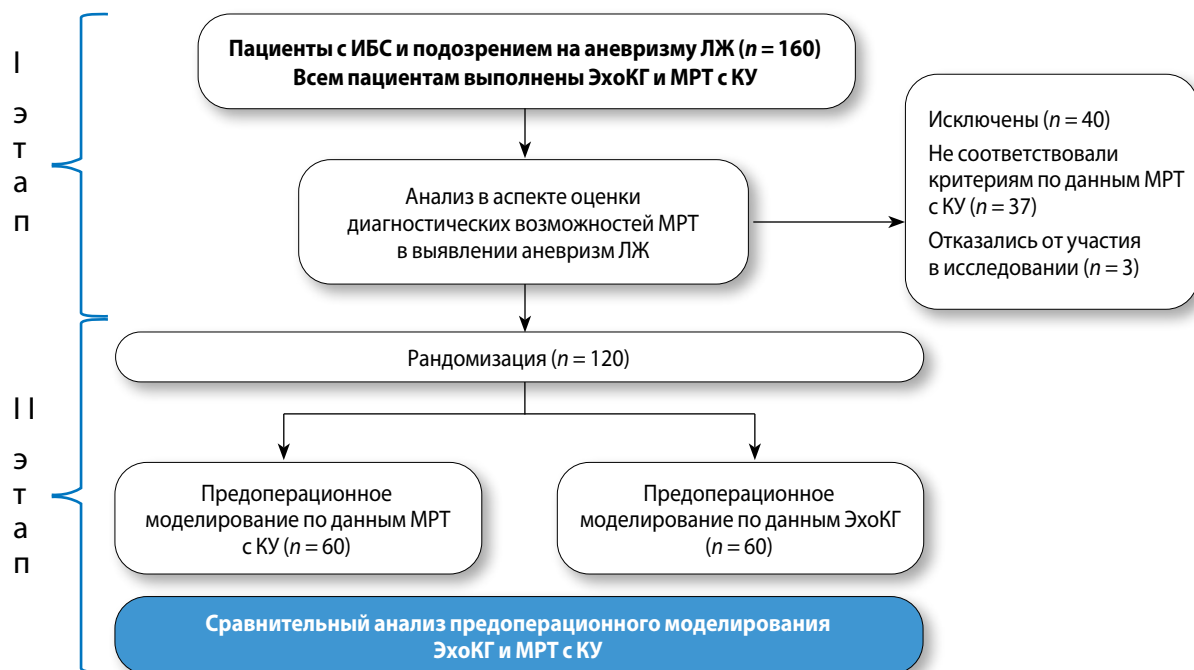


Рис. 1. Схема исследования

Примечание. ИБС – ишемическая болезнь сердца; ЛЖ – левый желудочек; МРТ с КУ – магнитно-резонансная томография с контрастным усилением; Эхо-КГ – эхокардиография.

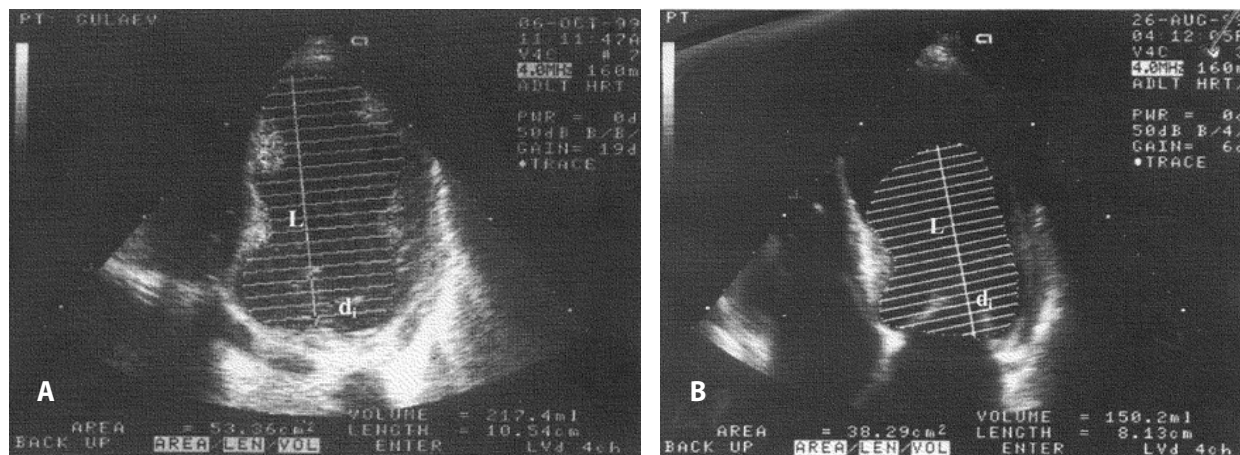


Рис. 2. Этапы предоперационного моделирования по эхокардиографии: А – определение конечного диастолического объема левого желудочка; В – моделирование конечного диастолического объема левого желудочка

Методы

Исследование было одноцентровым проспективным. Объектом исследования стали пациенты с ИБС, которым по данным ЭхоКГ была выявлена аневризма ЛЖ.

В основу дизайна исследования легло моделирование полости ЛЖ по данным МРТ, результаты которого явились руководством по уменьшению полости ЛЖ при хирургическом вмешательстве. Исследование состояло из двух этапов (рис. 1). На первом этапе на предмет соответствия критериям включения было обследовано 160 пациентов.

Критерии включения и исключения

Критерии включения пациентов: возраст от 30 до 75 лет включительно, наличие патологии коронарного русла, подлежащей коронарному шунтированию, инфаркт миокарда в анамнезе и нарушение локальной сократимости миокарда ЛЖ по данным ЭхоКГ, согласие пациента на участие.

Критерии исключения пациентов: наличие противопоказаний к проведению МРТ сердца (в частности, наличие МР-несовместимых электрокардиостимуляторов или других электронных устройств, которые ранее были имплантированы пациентам), отказ пациента от участия в исследовании.

Всем пациентам исходно выполнена ЭхоКГ, на основании которой выставлен диагноз постинфарктной аневризмы сердца. Далее выполнены коронароангиография (КАГ) и МРТ сердца с контрастным усилением (КУ). На основании результатов обследования методами ЭхоКГ и МРТ всем пациентам выполнялось предоперационное моделирование полости ЛЖ. В данной статье

не обсуждаются рандомизация и ее результаты. Представленные результаты относятся к исходным 160 пациентам.

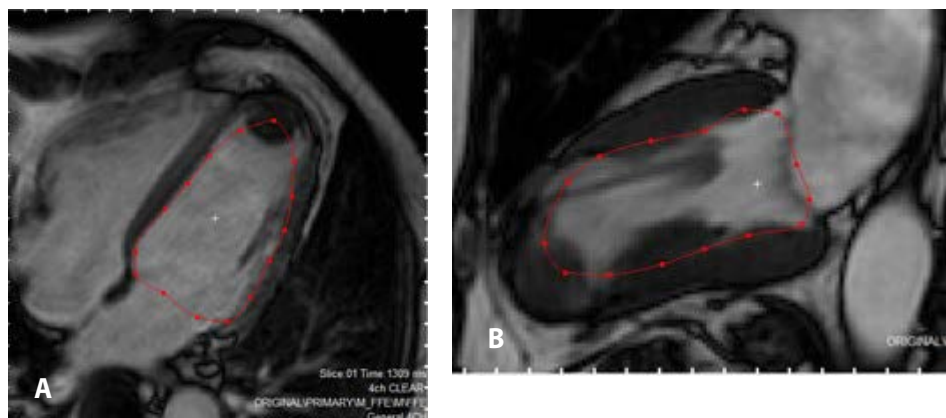
Эхокардиографическое исследование осуществлялось на аппаратах Vivid 7 (General Electric, США) и Philips iE33 (Philips Healthcare, США). Всем пациентам в предоперационном периоде исследование выполнялось с использованием трансторакального датчика по стандартной методике в соответствии с рекомендациями Американского общества эхокардиографии (ASE) и Европейской ассоциации эхокардиографии (EAE). Протокол исследования предусматривал оценку стандартных параметров насосной и сократительной функций миокарда. Исследование проводилось в положении пациента лежа на левом боку.

Линейные размеры измеряли в продольном сечении в 2D-режиме, учитывая изменения формы в систолу и диастолу. Конечный диастолический (КДО) и конечный систолический (КСО) объемы ЛЖ и фракцию выброса (ФВ) рассчитывали по методу Симпсона в 4- и 2-камерных позициях. Оценивали клапанный аппарат сердца, наличие внутрисердечных тромбов. Анализ регионарной сократимости ЛЖ выполнен с использованием стандартной 17-сегментной модели. Проконечно исследование содержало следующие показатели: конечный диастолический размер (КДР) ЛЖ, см, базально-апикальный размер (БАР), см, КСО ЛЖ, мл, и КДО ЛЖ, мл, ударный индекс (УИ), мл/м², и ФВ ЛЖ, %, толщину задней стенки миокарда, см, и межжелудочковой перегородки, см.

Рис. 3. Этапы предоперационного моделирования по магнитно-резонансной томографии:

А – моделирование конечного диастолического объема левого желудочка в 4-камерной позиции;

В – моделирование полости левого желудочка в 2-камерной позиции



Методика предоперационного моделирования на основании данных ЭхоКГ подробно описана в монографии Чернявского А.М. и соавт. «Реконструктивная хирургия постинфарктных аневризм левого желудочка» [16]. Суть метода заключается в определении оптимального КДО (рис. 2) на основании величины ударного индекса по отношению к фракции выброса сокращающейся части ЛЖ. Допустимая площадь резекции аневризматической части ЛЖ рассчитывается как разница исходной площади полости ЛЖ и площади определенного выше оптимального объема.

Степень поражения коронарного русла оценивалась по данным селективной коронарографии по методу Judkins M.P. с фиксацией изображения на цифровом носителе. Исследование проводилось трансрадиальным доступом путем пункции правой лучевой артерии с использованием рентгеноконтрастного вещества «Ультравист-320» (Bayer AG (Германия)), «Визипак» или «Омнипак» (Ирландия). Контрастное вещество вводилось вручную непосредственно в устье коронарной артерии от 5 до 8 мл на съемку каждой проекции. Визуализация коронарных артерий производилась в стандартных проекциях. При анализе результатов КАГ ангиографически значимым считали стеноз более 70 % диаметра коронарной артерии.

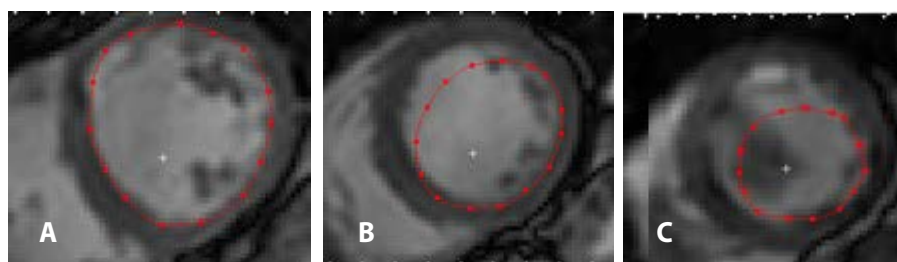
Магнитно-резонансная томография с контрастным усилением проводилась по стандартному протоколу на томографе Initial Achieva (Philips, США) напряжением магнитного поля 1,5 Тл. Необходимым условием получения качественных данных является кардиосинхронизация с задержкой дыхания. МРТ выполнялась по стандартной программе функционального и морфологического исследования до и после раннего и отсроченного контрастирования с использованием гадолиний-содержащего контрастного вещества в дозировке 0,2 мл/кг массы пациента. После обзорного сканирования грудной клетки выполнялись серии функционального исследования Fiesta-CINE в стандартных плоскостях (2- и 4-камерные длинные оси). Затем вводилось контрастное вещество. Сразу после введения контрастного вещества выполнялось сканирование T1-TSE по длинным 2- и 4-камерной осям для выявления внутрисердечных тромботических масс. После этого следовала функциональная серия изображений Fiesta-CINE по 2-камерной короткой оси. На 10–15-й минуте от введения контрастного препарата выполнялась серия отсроченных постконтрастных изображений по методике T1-PS MDE по короткой 2-камерной оси для выявления и оценки объема рубцового поражения миокарда. Исходная толщина миокарда принималась за 100 %. Уровень накопления контрастного вещества

Рис. 4. Предоперационное моделирование полости левого желудочка по 2-камерной короткой оси:

А – моделирование на уровне митрального клапана;

В – моделирование на середине длинника сердца;

С – моделирование в дистальных отделах



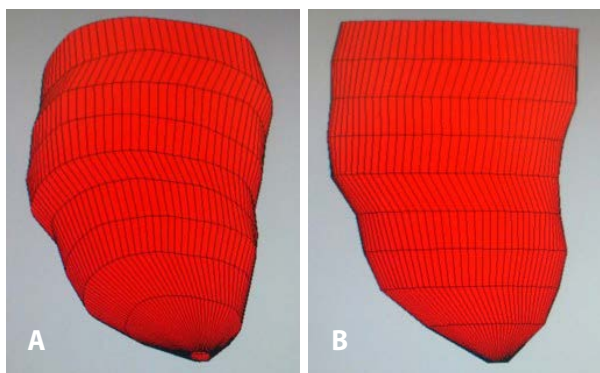


Рис. 5. 3D-модель моделированной полости левого желудочка: А – физиологическое положение; В – вертикальное положение

определялся отношением толщины пораженного миокарда к толщине стенки левого желудочка на данном уровне. Глубина поражения миокарда оценивалась как менее 50 %, поражение 50–75 % и 75–100 % толщины миокарда.

В анализ МР-изображений входило предоперационное моделирование, которое выполнялось с помощью программного обеспечения MedViso (Швеция). Суть моделирования (рис. 3) заключалась в максимальном выключении зон 50–75 % и 75–100 % глубины поражения миокарда при получении должного ударного объема и увеличения ФВ ЛЖ.

Корректировка объема планируемой полости проводится путем увеличения КДО ЛЖ. Если объемно-функциональные показатели объема планируемой полости являются оптимальными, то выполняется автоматический перенос обводки внутреннего контура (рис. 4) из 4-камерной проекции на 2-камерную путем смены оси координат.

Далее внутренний контур сердца проецируется на диастолические киноизображения стандартного протокола обработки снимков, вкладка SA-12 (Philips Healthcare, США) на каждом уровне. Тем самым получаем на каждой снимке проекции на оси координат четыре точки контура планируемой полости, обводя которые, осуществляем построение предоперационной 3D-модели диастолической полости левого желудочка (рис. 5).

По 3D-модели определялись точки резекции рубцовой ткани по передней, нижней и боковой стенкам и межжелудочковой перегородке от уровня фиброзного кольца митрального клапана. Эти данные предоперационного моделирования МРТ являются руководством для хирургической реконструкции полости левого желудочка.

После выполнения моделирования из анализа были исключены 40 пациентов (у 37 человек нет

показаний для аневризмэктомии и реконструкции полости ЛЖ по данным моделирования, 3 человека отказались от участия в исследовании). Таким образом, диагностические возможности метода МРТ были оценены путем анализа данных 160 пациентов, а оставшиеся 120 пациентов рандомизированы методом конвертов для проведения второго этапа исследования (см. рис. 1): первую группу ($n = 60$) составили пациенты, которым реконструкция полости ЛЖ была выполнена по данным предоперационного МР-моделирования, вторую группу ($n = 60$) составили пациенты, хирургическое вмешательство которым выполнено по данным предоперационного ЭхоКГ-моделирования. Данная статья посвящена первому этапу исследования, все расчеты выполнялись с учетом 160 пациентов. Исследование соответствует принципам Хельсинкской декларации. Протокол утверждения темы исследования № 1 от 8 октября 2014 г.

Для оценки эффективности метода МРТ использовались следующие параметры: количество выявленных сегментов с нарушением кинетики, глубина поражения миокарда (индекс трансмуральности). Индекс трансмуральности оценивался по толщине контрастируемого миокарда в пределах отдельного сегмента. В зависимости от полученных значений индекса трансмуральности пациенты были условно разделены на подгруппы: менее 0,5 – пациенты с субэндокардиальным накоплением контраста, более 0,5 – с трансмуральным накоплением контраста. Для оценки локализации рубцовых изменений и нарушений локальной сократимости использовалась стандартная 17-сегментная модель, адаптированная Cerqueira M.D. и соавт. [17].

Статистический анализ

Сравнение диагностической точности методов МРТ и ЭхоКГ в выявлении постинфарктных аневризм ЛЖ проводилось путем определения диагностических характеристик (чувствительности и специфичности) относительно интраоперационного диагноза, принятого в качестве референсного стандарта.

Непрерывные (количественные) переменные проверялись на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. В зависимости от результатов проверки данные представлены либо как среднее значение со стандартным отклонением ($M \pm SD$) для переменных с нормальным распределением, либо как медиана с межквартильным размахом ($Me [Q1; Q3]$) для переменных, не соответствующих нормальному распределению. Категориальные переменные представлены в виде абсолютных значений с указанием процентной

Табл. 1. Клинико-демографическая и функциональная характеристика пациентов

Показатель	Значение	
	по данным ЭхоКГ (Biplan)	по данным МРТ
Пол		
Мужчины, <i>n</i> (%)	139 (86,9)	
Женщины, <i>n</i> (%)	21 (13,1)	
Возраст, лет	59 ± 9	
ИМТ	29,8 ± 4	
ФК стенокардии напряжения	3 [2; 3]	
ФК сердечной недостаточности по NYHA	3 [2; 3]	
КДО ЛЖ, мл	197 ± 45	245 ± 49
ИКДО, мл/м ²	98 ± 21	126 ± 27
КСО ЛЖ, мл	116 ± 37	177 ± 47
ИКСО, мл/м ²	61 ± 18	92 ± 25
ФВ ЛЖ, %	39 ± 6	27 ± 6
Толщина задней стенки миокарда, см	1,1 ± 0,2	0,9 ± 0,2
Толщина МЖП, см	1,2 ± 0,3	1,1 ± 0,2

Примечание. ИКДО – индекс конечного диастолического объема; ИКСО – индекс конечного систолического объема; ИМТ – индекс массы тела; ЛЖ – левый желудочек; КДО – конечный диастолический объем; КСО – конечный систолический объем; МЖП – межжелудочковая перегородка; МРТ – магнитно-резонансная томография; ФВ – фракция выброса; ФК – функциональный класс; ЭхоКГ – эхокардиография.

доли (*n* (%)). Направление и степень корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивались с помощью коэффициента корреляции Пирсона (*r*). Степень связи оценивалась по шкале Чеддока для абсолютного значения коэффициента корреляции (*|r|*): менее 0,3 – связь слабая, от 0,3 до 0,5 – умеренная, от 0,5 до 0,7 – заметная, от 0,7 до 0,9 – высокая, от 0,9 до 0,99 – весьма высокая; направление связи считалось прямым, если *r* > 0, и обратным, если *r* < 0. Статистическая значимость коэффициента корреляции (связи) проверялась с помощью *t*-критерия Стьюдента. Связь считалась статистически значимой при *p* < 0,05.

Табл. 3. Корреляционный анализ глубины поражения миокарда и нарушения локальной сократимости

Вид нарушения кинетики	Значение индекса трансмуральности по толщине, <i>n</i> (%)		Коэффициент корреляции Пирсона <i>r</i>	<i>p</i> -значение для корреляции Пирсона
	<0,5 (<i>n</i> = 143)	>0,5 (<i>n</i> = 17)		
Гипокинез	230 (8,5)	29 (1,1)	-0,73	0,032
Акинез	208 (7,6)	68 (2,5)	0,81	0,026

Табл. 2. Количество сегментов с нарушением локальной сократимости

Вид нарушения кинетики	Количество сегментов, <i>n</i> (%)		Количество несовпадений
	по ЭхоКГ	по МРТ	
Гипокинез	203 (7,5)	259 (9,5)	56
Акинез	237 (8,7)	276 (10,1)	39
Дискинез	137 (5)	179 (6,6)	42
Всего	577 (21,2)	714 (26,3)	137

Примечание. МРТ – магнитно-резонансная томография; ЭхоКГ – эхокардиография.

Статистический анализ был выполнен с применением программного обеспечения R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.

Результаты

В исследование включено 160 пациентов с диагнозом «постинфарктная аневризма сердца» по данным ЭхоКГ. Подавляющее большинство пациентов были мужского пола (86,9%); средний возраст составил 59 ± 9 лет; время с момента последнего коронарного события составило 11,5 ± 8 мес.; III функциональный класс стенокардии напряжения был у 101 пациента (63%); недостаточность кровообращения II и III функциональных классов (по классификации NYHA) выявлена у 40 (25%) и 117 (73%) пациентов соответственно; из сопутствующих заболеваний чаще других наблюдались артериальная гипертензия и атеросклероз брахиоцефальных артерий. Всем пациентам выполнены ЭхоКГ и МРТ сердца (табл. 1). По данным ЭхоКГ митральная недостаточность в 50% случаев (80 пациентов) была II степени и в 38% (61 пациент) случаев – III степени.

По результатам КАГ трехсосудистое поражение коронарного русла выявлено у 59 (36,9%) пациентов, двухсосудистое – у 57 (35,6%) пациентов, однососудистое – у 42 (25,3%) пациентов, а 2 пациента (1,2%) не имели ангиографически значимого поражения коронарного русла. Из общей когорты пациентов 16 (10%) имели стеноз ствола левой коронарной артерии более 50%.

Табл. 4. Частота совпадения эхокардиографических предоперационного и интраоперационного диагнозов при постинфарктной аневризме левого желудочка

Метод исследования	Показания для реконструкции полости левого желудочка	Операция		Всего наблюдений
		не выполнена	выполнена	
ЭхоКГ	Операция не показана, <i>n</i> (%)	3 (2)	39 (24)	42
	Операция показана, <i>n</i> (%)	33 (21)	85 (53)	118
Итого		36	124	160

Примечание. ЭхоКГ – эхокардиография.

При однососудистом ангиографически значимом стенозе всегда имело место поражение передней нисходящей артерии. В случае двухсосудистого поражения ангиографически значимый стеноз касался передней нисходящей и огибающей артерий в 35 % случаев (20 пациентов) или передней нисходящей и правой коронарной артерий в 65 % случаев (36 пациентов), за исключением одного случая, когда ангиографически значимого поражения передней нисходящей артерии не выявлено, а имел место стеноз огибающей и правой коронарных артерий.

При сравнении данных о нарушении локальной сократимости по ЭхоКГ и МРТ выявлено, что при МРТ определено больше сегментов с нарушением сократимости, а также сегментов с гипокинезом и акинезом (табл. 2). В среднем на одного пациента, по данным МРТ, пришлось $4,40 \pm 0,95$ сегмента с нарушенной кинетикой. Средняя разница по количеству сегментов составила 68 [60; 87].

По результатам МРТ сердца с контрастным усилением установлена статистически значимая связь между глубиной поражения миокарда и вариантом нарушения локальной сократимости (табл. 3).

Нами выявлена отрицательная корреляционная связь между этими показателями: с увеличением индекса трансмуральности по толщине уменьшается количество сегментов с гипокинезом (коэффициент корреляции Пирсона $r = -0,73$; $p = 0,032$) и увеличивается количество сегментов с акинезом ($r = 0,81$; $p = 0,026$). Следовательно, нарушение локальной сократимости статистически значимо зависит от индекса трансмуральности.

Табл. 5. Частота совпадения предоперационного томографического и интраоперационного диагнозов при постинфарктной аневризме левого желудочка

Метод исследования	Показания для реконструкции полости левого желудочка	Операция		Всего наблюдений
		не выполнена	выполнена	
МРТ	Операция не показана, <i>n</i> (%)	37 (23)	3 (2)	40
	Операция показана, <i>n</i> (%)	0	120 (75)	120
Итого		37	123	160

Примечание. МРТ – магнитно-резонансная томография.

Далее проведена оценка диагностических возможностей обоих методов при наличии у больных постинфарктной аневризмы сердца. Оценивалась частота совпадения предоперационного и интраоперационного диагнозов, чтобы ответить на вопрос о необходимости, целесообразности и планировании оперативного вмешательства при аневризме ЛЖ. Предоперационное решение основывалось на данных моделирования и предполагаемых рассчитываемых объемно-функциональных показателях [16].

Как видно по данным табл. 4, только в 85 случаях (72 %) выполнена операция аневризмэктомии с реконструкцией ЛЖ из 118 определенных к операции показаний по данным ЭхоКГ. А в 92 % (39 случаев из 42), в которых операция не была показана по данным предоперационного моделирования, операция по реконструкции полости ЛЖ была выполнена, основываясь на интраоперационных данных. С учетом этих данных можно говорить о невозможности ультразвукового исследования дать однозначный ответ о необходимости оперативного вмешательства при постинфарктной аневризме ЛЖ. В случаях, когда операция показана, но не выполнена, решение принимал оперирующий хирург интраоперационно.

Аналогичным способом проведена оценка частоты совпадения предоперационного и интраоперационного диагнозов при МРТ сердца с контрастным усилением.

По данным табл. 5 видно, что всем 120 пациентам (100 %) с определенными показаниями для пластики аневризмы ЛЖ по данным предоперационного

Табл. 6. Объективные параметры информативности эхокардиографического и магнитно-резонансного методов диагностики постинфарктных аневризм левого желудочка

Характеристика метода	Интерпретация результата	Метод исследования	
		ЭхоКГ	МРТ
Чувствительность (Se)	Истинно положительный (TP)	85	120
	Ложноотрицательный (FN)	39	3
Специфичность (Sp)	Истинно отрицательный (TN)	3	37
	Ложноположительный (FP)	33	0
Всего наблюдений		160	160

Примечание. МРТ – магнитно-резонансная томография; ЭхоКГ – эхокардиография.

моделирования на основании результатов МРТ реконструкция полости ЛЖ была выполнена. Только в 3 случаях (7,7 %) из 40, в которых операция не была показана по результатам предоперационного моделирования, операцию по реконструкции полости ЛЖ все же выполнили, основываясь на интраоперационных данных. В случаях, когда операция не была показана, но выполнена, решение принимал оперирующий хирург интраоперационно.

Объединяя полученные данные табл. 4 и 5, получаем таблицу сопряженности истинных и ложных результатов диагностики постинфарктных аневризм ЛЖ сердца по двум методам исследования.

На основании данных табл. 6 определены чувствительность и специфичность двух методов при диагностике постинфарктных аневризм сердца и определении показаний к реконструкции полости ЛЖ.

По обоим показателям магнитно-резонансная томография показала лучшие результаты, что связано с объективностью визуализации всех структур сердца, а также с определением распространенности рубцового процесса в миокарде (табл. 7).

Аналогичным способом диагностическая точность двух методов исследования оценивалась в отношении диагностики внутрисердечных тромбов и рассчитывалась диагностическая точность двух

Табл. 7. Точность методов эхокардиографии и магнитно-резонансной томографии в диагностике постинфарктных аневризм сердца, %

Показатель	ЭхоКГ	МРТ
Чувствительность	68,5	97,6
Специфичность	8,3	100

Примечание. МРТ – магнитно-резонансная томография; ЭхоКГ – эхокардиография.

методов в отношении визуализации внутрисердечных образований (табл. 8).

На основании полученных данных рассчитана диагностическая точность двух методов в отношении визуализации внутрисердечных образований (табл. 9).

Точность метода магнитно-резонансной томографии в отношении визуализации внутрисердечных образований выше в сравнении с данными эхокардиографии, что связано с четкой визуализацией всех структур сердца, в том числе и верхушки, где чаще происходит замедление потока крови на фоне формирования постинфарктной аневризмы ЛЖ, что способствует образованию пристеночных тромбов.

По обоим показателям МРТ показала результаты лучше: чувствительность 94,9 % против 78 % при ЭхоКГ, специфичность 98,4 % против 91,5 % соответственно. При этом частота выявления внутрисердечных

Табл. 8. Частота совпадения предоперационных и интраоперационных данных в диагностике внутрисердечных тромбов

Метод исследования сердца	Результат исследования на наличие тромба в полости левого желудочка	Наличие внутрисердечного тромба на операции	
		есть	нет
ЭхоКГ	Есть	67	14
	Нет	26	53
МРТ	Есть	66	11
	Нет	13	70

Примечание. МРТ – магнитно-резонансная томография; ЭхоКГ – эхокардиография.

Табл. 9. Точность методов эхокардиографии и магнитно-резонансной томографии в диагностике внутрисердечного тромбоза, %

Показатель	ЭхоКГ	МРТ
Чувствительность	78	94,9
Специфичность	91,5	98,4

Примечание. МРТ – магнитно-резонансная томография; ЭхоКГ – эхокардиография.

тромбов сопоставима: по данным ЭхоКГ 50,6 % и по данным МРТ 48,1 %. Однако частота ложноотрицательных результатов при выявлении внутрисердечных тромбов при МРТ была в 2 раза меньше, чем при ЭхоКГ, и составила 8,1 и 16,3 % соответственно.

Обсуждение

Метод МРТ демонстрирует высокую диагностическую точность, определяемую чувствительностью и специфичностью, при выявлении заболеваний сердца [18]. МРТ сердца с отсроченным контрастированием значительно помогает в оценке структур миокарда [19; 20], особенно на фоне изменений анатомической формы и размеров камер сердца [21] и толщины миокарда в различных отделах [22].

В данном исследовании проведена оценка диагностических возможностей, точности визуализации, чувствительности и специфичности метода МРТ в отношении отдельной нозологической формы ИБС, такой как постинфарктная аневризма ЛЖ. Полученные данные о глубине и распространенности рубцового процесса позволили провести корреляционный анализ с вариантами нарушения кинетики миокарда. Эти данные чрезвычайно важны при ведении пациента с постинфарктной аневризмой сердца и позволяют выбрать оптимальный способ лечения. Оценка же диагностической эффективности метода при ИБС, включающей несколько нозологических форм, выполнена рядом авторов на значительных по численности контингентах пациентов [23; 24]. В следующих работах диагностическая эффективность метода оценивалась для визуализации причины стенокардии напряжения [25], острого инфаркта миокарда [26] и постинфарктного кардиосклероза [27] без выделения группы пациентов с постинфарктной аневризмой левого желудочка. Тем не менее результаты оценки чувствительности и специфичности метода при диагностике постинфарктного кардиосклероза сопоставимы

с полученными нами результатами и составили 93,2 и 98,5 % соответственно.

В клинической практике МРТ используется как дополнительный метод диагностики в сложных случаях, как то развитие сердечной недостаточности при постинфарктной аневризме сердца для оценки жизнеспособности миокарда. Но учитывая высокие показатели чувствительности и специфичности МРТ в диагностике постинфарктных аневризм ЛЖ, как в нашей работе, предлагаем рассматривать данный метод исследования в качестве основного в ходе решения вопроса об оперативном вмешательстве при реконструкции полости ЛЖ. Однозначное решение после проведения МРТ с контрастным усилением принимается за счет четкой визуализации структур сердца, что имеет важное значение для планирования объема оперативного вмешательства. Здесь необходимо отметить, что у всех пациентов, включенных в исследование, первоначальный отбор проходил с использованием ультразвукового сканирования именно как первичного метода визуализации сердца. Поэтому с позиций статистики говорить об абсолютном преимуществе МРТ сердца не совсем корректно – речь идет лишь об ограниченном контингенте пациентов, у которых первоначальное предположение о наличии аневризмы сердца и внутрисердечного тромба было сделано по данным ультразвукового исследования.

Таким образом, полученные нами данные позволяют рекомендовать метод МРТ сердца с контрастным усилением как необходимый в комплексе обследований перед хирургическим вмешательством при реконструкции полости ЛЖ у пациентов с постинфарктной аневризмой сердца.

Результаты исследования следует интерпретировать с учетом ограничений в виде небольшого количества наблюдений.

Заключение

Метод МРТ сердца с контрастным усилением, применяемый у пациентов с перенесенным инфарктом миокарда ЛЖ с выполненным ультразвуковым сканированием, продемонстрировал преимущества в диагностике постинфарктных изменений. По сравнению с эхокардиографией он показал более высокую чувствительность и специфичность в выявлении как аневризм, так и внутрисердечных тромбов, а также позволил идентифицировать большее количество сегментов с нарушением локальной сократимости. При этом метод является безопасным и не увеличивает госпитальную летальность.

Список литературы / References

1. Богачев-Прокофьев А.В., Сапегин А.В., Караськов А.М. Состояние и перспективы развития кардиохирургической помощи в Сибирском федеральном округе. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2017;21(4),13–18. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2017-4-13-18>
Bogachev-Prokophiev A.V., Sapegin A.V., Karaskov A.M. Cardiac surgery in Siberia: present and perspectives. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2017;21(4):13-18. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2017-4-13-18>
2. Богопольская О.М. Вторичная профилактика сердечно-сосудистых осложнений после аортокоронарного шунтирования. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2007;1:52-56.
Vogopolskaya O.M. Secondary prevention of cardiovascular complications after coronary artery bypass surgery. *Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2007;1:52-56. (In Russ.)
3. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. *Сердечно-сосудистая хирургия – 2014. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения*. М.: Изд-во НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2015. 220 с.
Bockeria L.A., Gudkova R.G. *Cardiovascular surgery – 2014. Diseases and congenital anomalies of the circulatory system*. Moscow: Publishing house of the Scientific Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakuleva Russian Academy of Medical Sciences, 2015. (In Russ.)
4. Лыков Р.А., Кранин Д.Л., Замский К.С., Федорова Н.И., Михеев А.А. Хирургическое лечение пациентов с постинфарктными аневризмами левого желудочка сердца, осложненными тромбозом. *Вестн. НМХЦ им. Н.И. Пирогова*. 2013;8(2):7-9.
Lykov R.A., Kranin D.L., Zamskij K.S., Fedorova N.I., Miheev A.A. Surgical treatment of patients with left ventricular aneurysm, associated with clot. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2013;8(2):7-9. (In Russ.)
5. Сумин А.В., Девятьярова Е.А., Поддубный А.В., Дюжихов А.А. Хирургическая коррекция постинфарктной аневризмы левого желудочка у пациентов молодого возраста. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2018;60(3):210-216. <https://doi.org/10.24022/0236-2791-2018-60-3-210-216>
Sumin A.V., Devet'yarova E.A., Poddubnyy A.V., Dyuzhikov A.A. Surgical correction of postinfarction left ventricular aneurysm in a young patient. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2018; 60 (3):210-216. (In Russ.) <https://doi.org/10.24022/0236-2791-2018-60-3-210-216>
6. Алишбая М.Д., Сливнева И.В., Амирбеков М.М., Чеишвили З.М., Лагутина О.С. Геометрическая реконструкция левого желудочка при тромбозе латеральной стенки. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2020;24(3):121-131. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2020-3-121-131>
Alshibaya M.D., Slivneva I.V., Amirbekov M.M., Cheishvili Z.M., Lagutina O.S. Geometric reconstruction of the left ventricle in lateral wall thrombosis. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2020;24(3):121-131. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2020-3-121-131>
7. Гришин И.Р., Акчурин Р.С., Ширяев А.А. Непосредственные результаты аневризмэктомии в сочетании с эндовентрикулопластикой в лечении больных ишемической болезнью сердца с постинфарктной аневризмой левого желудочка. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2008;1:28-31.
Grishin I.R., Akchurin R.S., Shiryayev A.A. Immediate results of aneurysmectomy in combination with endoventriculoplasty in the treatment of patients with coronary heart disease with post-infarction left ventricular aneurysm. *Thoracic and cardiovascular surgery*. 2008;1:28-31. (In Russ.)
8. Живоглядов Д.И., Шария М.А. Лучевые методы оценки перфузии миокарда. *Росс. электрон. журн. лучевой диагностики*. 2014;4(4):59-66.
Zhivoglyadov D.I., Sharia M.A. Radiological examination in the evaluation of myocardial perfusion. *Russian electronic journal of radiology*. 2014;4(4):59-66. (In Russ.)
9. Gutberlet M., Spors B., Thoma T., Bertram H., Denecke T., Felix R., Noutsias M., Schultheiss H.P., Kühl U. Suspected chronic myocarditis at cardiac MR: diagnostic accuracy and association with immunohistologically detected inflammation and viral persistence. *Radiology*. 2008;246(2):401-9. PMID: 18180335. <https://doi.org/10.1148/radiol.2461062179>
10. Röttgen R., Christiani R., Freyhardt P., Gutberlet M., Schultheiss H.P., Hamm B., Kühl U. Magnetic resonance imaging findings in acute myocarditis and correlation with immunohistological parameters. *Eur Radiol*. 2011;21(6):1259-1266. PMID: 21116631; PMID: PMC3088804. <https://doi.org/10.1007/s00330-010-2022-1>
11. Kramer C.M., Barkhausen J., Bucciarelli-Ducci C., Flamm S.D., Kim R.J., Nagel E. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols: 2020 update. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020;22(1):17. PMID: 32089132; PMID: PMC7038611. <https://doi.org/10.1186/s12968-020-00607-1>
12. Никифоров В.С. Методы сердечно-сосудистой визуализации в диагностике ишемической болезни сердца. *Consilium Medicum*. 2017;19(1):18-24.
Nikiforov V.S. Methods of cardiovascular imaging for the detection of ischemic heart disease. *Consilium Medicum*. 2017;19(1):18-24. (In Russ.)
13. Усов В.Ю., Вышлов Е.В., Беличенко О.И., Мочула О.В., Алексеева Я.В., Ярошевский С.П., Рябов В.В., Лукьяненко П.И., Марков В.А. Магнитно-резонансная томография с парамагнитным контрастным усилением в раннем контроле состояния миокарда пациентов с острым инфарктом после тромболитической терапии и стентирования. *Терапевт*. 2018;1-2:54-66.
Ussov W.Yu., Vyshlov E.V., Belichenko O.I., Mochula O.V., Alekseeva Ya.V., Yaroshevskij S.P., Ryabov V.V., Luk'yanyonok P.I., Markov V.A. Contrast-enhanced magnetic resonance imaging in early quantification of efficiency of coronary thrombolytic and intraarterial stent therapy of acute myocardial infarction. *Therapist*. 2018;1-2:54-66. (In Russ.)
14. Рустамова Я.К. Актуальные вопросы диагностики жизнеспособного миокарда. *Кардиология*. 2019;59(2):68-78. <https://doi.org/10.18087/cardio.2019.2.10243>
Rustamova Y.K. Actual Problems of Diagnostics of Viable Myocardium. *Kardiologiya*. 2019;59(2):68-78. (In Russ.) PMID: 30853023. <https://doi.org/10.18087/cardio.2019.2.10243>
15. Patel H., Mazur W., Williams K.A. Sr, Kalra D.K. Myocardial viability – State of the art: Is it still relevant and how to best assess it with imaging? *Trends Cardiovasc Med*. 2018;28(1):24-37. PMID: 28735783. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2017.07.001>
16. Чернявский А.М., Караськов А.М., Марченко А.В., Хапаев С.А. *Реконструктивная хирургия постинфарктных аневризм левого желудочка*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, фил. «Гео», 2003.

- Chernyavsky A.M., Karaskov A.M., Marchenko A.V., Khapaev S.A. *Reconstructive surgery of post-infarction left ventricular aneurysms*. Novosibirsk: Publishing house of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, "Geo", 2003. (In Russ.)
17. Cerqueira M.D., Weissman N.J., Dilsizian V., Jacobs A.K., Kaul S., Laskey W.K., Pennell D.J., Rumberger J.A., Ryan T., Verani M.S.; American Heart Association Writing Group on Myocardial Segmentation and Registration for Cardiac Imaging. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation*. 2002;105(4):539-42. PMID: 11815441. <https://doi.org/10.1161/hc0402.102975>
18. De Cobelli F., Pieroni M., Esposito A., Chimentoni C., Belloni E., Mellone R., Canu T., Perseghin G., Gaudio C., Maseri A., Frustaci A., Del Maschio A. Delayed gadolinium-enhanced cardiac magnetic resonance in patients with chronic myocarditis presenting with heart failure or recurrent arrhythmias. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47(8):1649-54. PMID: 16631005. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.11.067>
19. Mahrholdt H., Goedecke C., Wagner A., Meinhardt G., Athanasiadis A., Vogelsberg H., Fritz P., Klingel K., Kandolf R., Sechtem U. Cardiovascular magnetic resonance assessment of human myocarditis: a comparison to histology and molecular pathology. *Circulation*. 2004;109(10):1250-8. PMID: 14993139. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000118493.13323.8>
20. Mahrholdt H., Wagner A., Deluigi C.C., Kispert E., Hager S., Meinhardt G., Vogelsberg H., Fritz P., Dippon J., Bock C.T., Klingel K., Kandolf R., Sechtem U. Presentation, patterns of myocardial damage, and clinical course of viral myocarditis. *Circulation*. 2006;114(15):1581-90. PMID: 17015795. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.606509>
21. McCrohon J.A., Moon J.C., Prasad S.K., McKenna W.J., Lorenz C.H., Coats A.J., Pennell D.J. Differentiation of heart failure related to dilated cardiomyopathy and coronary artery disease using gadolinium-enhanced cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2003;108(1):54-9. PMID: 12821550. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000078641.19365.4C>
22. Windecker S., Kolh P., Alfonso F., Collet J.P., Cremer J., Falk V., Filippatos G., Hamm C., Head S.J., Jüni P., Kappetein A.P., Kastrati A., Knuuti J., Landmesser U., Laufer G., Neumann F.J., Richter D.J., Schaurte P., Sousa Uva M., Stefanini G.G., Taggart D.P., Torracca L., Valgimigli M., Wijns W., Witkowski A. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2014;(35):2541-619. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu278>
23. Беловолова Е.В., Терентьев В.П., Кучеренко О.Б., Собин С.В., Кудрявцева Н.Ю., Джеммакулов Я.К. Диагностическая значимость магнитно-резонансной томографии при поражении миокарда различного генеза. *Медицинский вестник Юга России*. 2018;9(3):65-69. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2018-9-3-65-69>
- Belovolova E.V., Terentev V.P., Kucherenko O.B., Sobin S.V., Kudryavtseva N.Yu., Dzhemakulov Ya.K. Diagnostic significance of magnetic resonance imaging for myocardial damage of various genesis. *Medical Herald of the South of Russia*. 2018;9(3):65-69. (In Russ.) <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2018-9-3-65-69>
24. Юрпольская Л.А., Макаренко В.Н., Бокерия Л.А. МРТ сердца с контрастированием: альтернативный или необходимый диагностический модуль в кардиологической и кардиохирургической практике. *Лучевая диагностика и терапия*. 2015;6(3):5-14. Yurpolskaya L.A., Makarenko V.N., Bokeria L.A. Cardiac MRI with contrast enhancement: an alternative or a necessary diagnostic module in cardiology practice. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2015;6(3):5-14. (In Russ.)
25. Усов В.Ю., Архангельский В.А., Федоренко Е.В. Оценка жизнеспособности поврежденного миокарда у кардиохирургических больных: сравнение возможностей магнитно-резонансной и эмиссионной томографии. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2014(3):124-133. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2014-3-124-133> Usov W.Yu., Arkhangel'sky V.A., Fedorenko E.V. Detection of myocardial viability in ischaemic damage in cardiac surgery: comparison of possibilities of magnetic resonance and emission tomography. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2014;(3):124-133. (In Russ.) <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2014-3-124-133>
26. Железняк И.С., Труфанов Г.Е., Рудь С.Д., Меньков И.А., Романов Г.Г., Краковская К.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике ишемической болезни сердца. *Клиническая медицина: Научно-практический журнал*. 2013;91(5):72-74. Zheleznyak I.S., Trufanov G.E., Rud' S.D., Men'kov I.A., Romanov G.G., Krakovskaya K.A. Magnetic resonance tomography in diagnostics of coronary heart disease. *Clinical Medicine*. 2013;91(5):72-74. (In Russ.)
27. Железняк И.С., Труфанов Г.Е., Рудь С.Д., Меньков И.А., Романов Г.Г., Краковская К.А. МРТ-семиотика ишемической болезни сердца. *Лучевая диагностика и терапия*. 2013;4(4):73-77. Zheleznyak I.S., Trufanov G.E., Rud' S.D., Men'kov I.A., Romanov G.G., Krakovskaya K.A. MRI semiotics of coronary artery disease. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2013;4(4):73-77. (In Russ.)