

УДК: 616-079.1

## МРТ СЕРДЦА В ОЦЕНКЕ ПОСТИНФАРКТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ И ЕЕ РОЛЬ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ТАКТИКИ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА

А. Н. КОКОВ, В. Л. МАСЕНКО, С. Е. СЕМЕНОВ, О. Л. БАРБАРАШ

*Федеральное государственное бюджетное учреждение**«Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»  
Сибирского отделения Российской академии медицинских наук, Кемерово, Россия*

В статье представлен обзор данных об использовании магнитно-резонансной томографии (МРТ) сердца с контрастным усилением в определении структурных и функциональных изменений миокарда перед процедурой реваскуляризации у больных, перенесших инфаркт. Обсуждается возможность использования результатов МРТ в оценке глубины и распространенности постинфарктного кардиосклероза для прогноза восстановления регионарной и глобальной сократительной способности левого желудочка после восстановления коронарного кровотока. Определяется значение отсроченного контрастирования миокарда для решения вопроса о целесообразности реваскуляризирующей процедуры. Отсутствие рубцовых изменений или наличие поражения более половины поперечного сечения стенки левого желудочка может быть использовано в качестве критерия для определения необходимости интервенционного вмешательства, не подвергая при этом пациента нагрузочным тестам. Представлен вариант алгоритма отбора пациентов для проведения эндоваскулярного вмешательства или коронарного шунтирования с использованием данных МРТ сердца с позиции прогноза восстановления контрактильной функции миокарда.

**Ключевые слова:** реваскуляризация миокарда, жизнеспособность миокарда, постинфарктный кардиосклероз, магнитно-резонансная томография сердца.

## CARDIAC MRI IN EVALUATION POSTINFARCTION CHANGES AND ITS ROLE IN DETERMINING THE REVASCULARIZATION TACTICS

A. N. KOKOV, V. L. MASENKO, S. E. SEMENOV, O. L. BARBARASH

*Federal State Budgetary Institution Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases  
under the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences, Kemerovo, Russia*

The article provides a review of data on the use of cardiac magnetic resonance imaging (CMRI) of the heart with contrast enhancement in the determination of structural and functional changes in the myocardium before revascularization procedures in patients after infarct. The possibility of using the results of MRI in the assessment of the depth and extent of postinfarction cardiosclerosis forecast for recovery of regional and global left ventricular contractility after restoration of coronary blood flow. Determine the value of late enhancement contrast to address the appropriateness of revascularization procedures. Absence or presence of scarring lesions and more than half of the cross-sectional wall of left ventricular can be used as a criterion for determining the need for intervention, without exposure to the patient load tests. The article presents a version of the algorithm selection of patients for endovascular intervention or coronary artery bypass surgery by using CMRI data from the position the forecast recovery of contractile function of the myocardium.

**Key words:** myocardial revascularization, myocardial viability, postinfarction cardiosclerosis, cardiac magnetic resonance imaging.

Нарушение локальной и глобальной сократительной функции левого желудочка является наиболее значимым проявлением как острой, так и хронической ишемии миокарда. С появлением и развитием методов открытой и эндоваскулярной реваскуляризации миокарда был сделан огромный шаг в лечении ИБС. Однако после процедуры реваскуляризации миокарда не во всех случаях происходит восстановление сократительной функции левого желудочка, что обусловлено необратимыми изменениями кардиомиоцитов, приводящих к формированию постинфарктного кардиосклероза [16]. Вместе с тем изменения локальной сократимости могут касаться также миокарда, который сохранил

свою жизнеспособность. Термином «гибернирующий миокард» (hibernating) называют хроническую регионарную дисфункцию ЛЖ. Это состояние развивается в результате длительной гипоперфузии миокарда, когда миоциты сохраняют свою жизнеспособность, но их сократительная способность снижена [3]. Обязательным условием для формирования гибернирующего миокарда является целостность клеточных мембран и сохранение метаболизма глюкозы [8]. В случае улучшения кровотока при реперфузии и/или за счет сокращения потребности в нем такая дисфункция может быть частично или полностью устранена. Если транзиторная дисфункция ЛЖ сохраняется, несмотря на отсутствие

необратимых повреждений и восстановление адекватного кровотока, такое состояние носит название «оглушение миокарда» (stunned) [10]. Концепция «гибернарующего» и «оглушенного» миокарда определила место диагностических методик в оценке постинфарктных изменений миокарда.

Когда речь идет об определении жизнеспособности или, вернее, гибернации миокарда, основной вопрос кардиологов и кардиохирургов заключается в прогнозе функционального восстановления левого желудочка после реваскуляризации. С учетом финансовых затрат на проведение хирургического лечения ИБС определение жизнеспособности миокарда представляет собой не только сугубо клиническую задачу, но и имеет экономическую значимость.

Основные постулаты реваскуляризации изложены в рекомендациях американской коллегии кардиологов (ACCF) и американской ассоциации сердца (АНА) от 2011 года [4]. В них определяется важный принцип – мультидисциплинарный подход, объединяющий в кардиокоманду кардиохирурга, интервенционного кардиолога и кардиолога. Именно такой комплексный подход позволяет выбрать оптимальный путь реваскуляризации, основанный на учете множества факторов, таких как многосудистое поражение, анатомические особенности коронарного русла, сопутствующая патология. При определении тактики реваскуляризации учитываются и постинфарктные структурные изменения миокарда в виде формирования аневризмы желудочка и пристеночного тромба, что также определяет решение вопроса о целесообразности вмешательства на коронарных артериях. Естественно, нет смысла восстанавливать кровоток в зоне обширного постинфарктного рубца, который не будет функционировать. Вместе с тем необходимо определить объем миокарда, который с большой долей вероятности после реваскуляризации восстановит свою сократительную функцию.

Для этой цели идеально подходит магнитно-резонансная томография (МРТ), которая позволяет неинвазивно оценить как структурные, так и функциональные изменения, а также определить функциональный резерв миокарда [18, 21]. Отсутствие лучевой нагрузки для пациента выгодно отличает МРТ от рентгеновской компьютерной томографии. Развитие технологий в создании высокопольных МР-томографов позволило получить надежный инструмент визуализации структуры миокарда с хорошей пространственной и временной разрешающей способностью. Используемые парамагнитные гадолиниевые контрастные агенты не обладают той нефротоксичностью, которая

присуща йодсодержащим рентгеновским контрастам [2]. Но, несмотря на относительную безопасность, а также высокую информативность метода МРТ в оценке анатомо-функциональных параметров сердца и структурных изменений миокарда, в последних рекомендациях ACCF/АНА по реваскуляризации миокарда данный вид исследования не нашел применения [4].

В 2006 году были опубликованы критерии использования компьютерной и магнитно-резонансной томографии сердца [5]. В соответствии с ними использование МРТ с контрастным усилением показано для определения жизнеспособности миокарда перед реваскуляризацией и для определения вероятности восстановления функции после реваскуляризации или медикаментозной терапии. Результаты мета-анализа J. Romero et al. подтверждают высокую диагностическую ценность МРТ с контрастированием для выявления участков постинфарктного кардиосклероза и оценки гибернарующего миокарда [9].

Чтобы определить место МРТ сердца в диагностическом алгоритме у больных ИБС, необходимо знать целевые возможности метода у этой категории пациентов, а именно в оценке: 1) анатомии сердца и левого желудочка; 2) глубины и распространенности кардиосклероза; 3) сократительной функции левого желудочка и его функционального резерва. Информация, отражающая структуру и функцию миокарда по результатам МРТ, должна быть использована «кардиокомандой» в качестве дополнительного аргумента в пользу правильного выбора стратегии и тактики реваскуляризации.

#### **МРТ в оценке анатомо-функциональных постинфарктных изменений левого желудочка**

Участки диссинергии, возникающие в зоне ишемического поражения, регистрируются на серии кино-МРТ, ориентированных по анатомическим осям сердца [18, 21]. Кровь в полости ЛЖ имеет высокий сигнал с его ослаблением в областях, где выражен турбулентный поток. На этом фоне четко выделяется стенка ЛЖ с умеренно гипоинтенсивным сигналом. Это позволяет определить линейные размеры ЛЖ, рассчитать объемы полости, массу миокарда и фракцию выброса [17]. Расчет функциональных параметров при нативном исследовании сердца без введения контрастного агента в сочетании с достаточно детальной оценкой анатомии сердца и структурных изменений миокарда в большинстве случаев позволяет получить достаточный объем диагностической информации, не прибегая к инвазивному зондированию камер сердца [1, 17, 19]. Предложенная

Американской ассоциацией эхокардиографии схема деления миокарда ЛЖ на 16 сегментов используется и при МРТ как практичная и вполне достаточная для получения информации о нарушении локальной сократимости [18] и распространенности поражения желудочка. Хотя сама по себе зона гипо- или акинезии свидетельствует лишь о наличии проблемы постинфарктных изменений в конкретном сегменте и не дает достаточной информации о перспективе восстановления сократимости после реваскуляризации, эти данные также должны использоваться в комплексном подходе к прогнозу восстановления функции. Имеет значение толщина стенки желудочка в фазу конечной диастолы. Истончение ее менее 5,5–6,0 мм свидетельствует о выраженном поражении и является значимым прогностическим критерием [9]. По данным С. Klein et al., при уменьшении этого показателя менее 4 мм восстановление сократительной функции в пораженном сегменте наступает только у 5 % больных и проведение реваскуляризации в таком случае нецелесообразно [6].

Изменения стенки левого желудочка после перенесенного инфаркта миокарда помимо нарушения локальной сократимости могут привести к формированию постинфарктной аневризмы левого желудочка (рис. 1). Развитие патологического выпячивания стенки желудочка в области ишемического повреждения, не принимающего участия в эффективном сокращении миокарда, встречается в 8–34 % случаев крупноочагового трансмурального ИМ [1]. Опубликованы данные о высокой чувствительности МРТ в отношении постинфарктных аневризм, сочетающихся с пристеночными тромбами [14]. Визуализация аневризмы ЛЖ возможна при выполнении кино-МРТ в виде зоны диссинергии, истончения стенки ЛЖ с систоло-диастолическим выбуханием поражен-

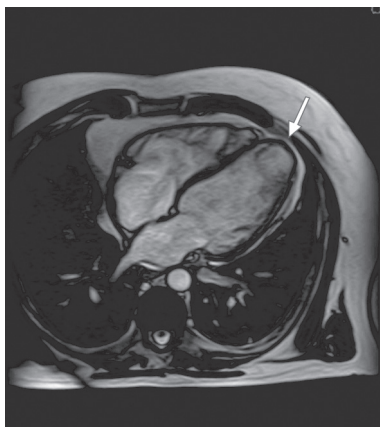


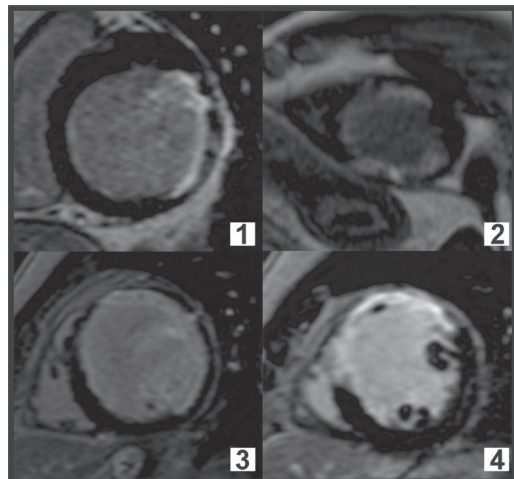
Рис. 1. Постинфарктная аневризма верхушки левого желудочка (стрелка)

ного сегмента за пределы нормального контура стенки [13]. На изображениях с использованием SE-T1-взвешенных последовательностей в области аневризмы возможна визуализация тромботических масс, имеющих более высокий, неоднородный сигнал на фоне «темной» крови. Наличие тромба в полости ЛЖ является показанием для открытой хирургии с выполнением тромбэктомии и поводом отказаться у таких пациентов от тактики эндоваскулярной реваскуляризации [4].

### МРТ в оценке глубины и распространенности кардиосклероза

Для визуализации зоны постинфарктного кардиосклероза при проведении МРТ наиболее информативно использование контрастных парамагнитных препаратов на основе гадолиния [11, 19, 20]. Механизм контрастного усиления при использовании МР-контрастных агентов совершенно отличен от такового при применении рентгенконтрастных средств. Йодсодержащие вещества сами задерживают рентгеновские лучи, в то время как МР-контрастные средства изменяют парамагнитные свойства окружающих их тканей и, соответственно, их вид на МР-изображении. В настоящее время в клинической практике используются низкомолекулярные внеклеточные парамагнитные контрастные средства на основе гадолиния для внутривенного введения. После введения в периферическую вену внеклеточные парамагнитные хелаты гадолиния быстро распределяются по сосудистому руслу, при этом они практически не связываются с белками крови. Они накапливаются во внеклеточных пространствах и элиминированы почками [2]. В зоне рубцовых изменений миокарда вымывание парамагнитного субстрата происходит гораздо медленнее, чем в неизмененном миокарде. Таким образом, на T1-взвешенных МР-изображениях, полученных через 7–10 минут после введения контрастного препарата, участки кардиосклероза четко визуализируются как очаги гиперинтенсивного сигнала. При этом толщина зоны контрастирования напрямую зависит от глубины поражения миокарда. При трансмуральном повреждении она охватывает всю толщу миокарда, а в случае нетрансмурального рубца контрастирование распространяется субэндокардиально [11]. Условно можно выделить нетрансмуральное замедленное вымывание контраста на участке глубиной менее 25 % толщины стенки левого желудочка, 25–50 % и более 50 % (рис. 2).

В большинстве исследований, посвященных прогнозу восстановления сократительной функции после реваскуляризации, отмечено отсут-



**Рис. 2. МРТ сердца с контрастированием, проекция короткой оси левого желудочка.**  
**Варианты контрастирования в зависимости от глубины постинфаркционного повреждения миокарда:**  
 1 – субэндокардиальное поражение менее 25 %, 2 – 25–50 %, 3 – более 50 %, 4 – трансмуральное поражение. Яркий сигнал от миокарда соответствует участкам кардиосклероза (эффект замедленного вымывания контраста)

ствие положительного эффекта со стороны сегментов с трансмуральным повреждением и соответствующим отсроченным контрастированием [9, 15]. То есть проведение дорогостоящего реваскуляризирующего хирургического лечения с позиции увеличения сократительной способности нежизнеспособного миокарда у таких пациентов нецелесообразно. Данная категория больных нуждается в консервативной терапии.

Кроме того, выявление зон трансмурального повреждения миокарда позволяет избежать ненужного риска, связанного с оперативным лечением. Смертность в течение года после реваскуляризации у пациентов с трансмуральным кардиосклерозом составляет 7,7 % в сравнении с 3,2 % у больных с нетрансмуральным рубцом. Периоперационная летальность в группе пациентов с повреждением всей толщи стенки левого желудочка также гораздо выше и колеблется в пределах 9–12,5 % [7].

При нетрансмуральном кардиосклерозе глубина поражения имеет важное прогностическое значение [20]. Распространение зоны контрастирования на глубину более 50 % может быть приравнено к трансмуральному повреждению, так как после восстановления коронарного кровотока сократительная активность восстанавливается менее чем в 10 % сегментов [19]. Восстановление глобальной сократительной функции левого желудочка при глубоком распространении зоны рубца зависит от количества пораженных сегментов [6, 15, 21]. При

наличии замедленного вымывания контраста с поражением более половины толщины стенки левого желудочка в пяти сегментах увеличение фракции выброса после хирургического лечения отмечается лишь у 5,7 % больных, тогда как в случае распространения кардиосклероза на аналогичную глубину в трех сегментах прирост сократительной способности левого желудочка наблюдается у 13,1 % пациентов [15]. В большей степени это связано с проведением инотропной терапии у таких пациентов в постоперационном периоде.

Более выгодно для прогноза восстановления как регионарной, так и общей сократительной функции левого желудочка представляется субэндокардиальное ишемическое повреждение с формированием зон кардиосклероза, распространяющихся менее чем на 25 % толщины миокарда. По данным ряда авторов, восстановление контрактильной функции при таком повреждении следует ожидать в 80–83 % [12, 19].

Для МРТ с контрастным усилением и оценкой замедленного вымывания контраста из рубцовой ткани чувствительность метода составляет 95 %, а отрицательная прогностическая значимость – 90 %. Специфичность метода при этом небольшая (62 %). Тем не менее следует отметить, что при отсутствии рубца или поражении менее 25 %, а также при трансмуральном поражении достаточно именно МРТ с оценкой замедленного вымывания контраста для определения тактики реваскуляризации, не подвергая при этом пациента дополнительному стресс-тестированию [9].

Наиболее спорно представляется прогноз положительного эффекта от реваскуляризации у больных с распространением зоны кардиосклероза на 25–50 % толщины стенки желудочка. Одни авторы предлагают рассматривать миокард с контрастным усилением менее 50 % как потенциально жизнеспособным и использовать это в повседневной практике [19]. Другие указывают на восстановление функции после реваскуляризации коронарного бассейна лишь 41–45 % пораженных сегментов левого желудочка [11, 16]. Наиболее перспективным в определении жизнеспособности миокарда с 25–50 %-ным кардиосклерозом является проведение нагрузочных проб [6, 7, 12]. В мета-анализе, представленном J. Romero et al., указывается на высокую специфичность и положительную прогностическую ценность пробы с добутамином для оценки сократительного резерва [9]. Именно этот метод позволяет определить, насколько велики шансы восстановить функцию левого желудочка после реваскуляризации. При получении положительных результатов МРТ сердца с нагрузочной

низкодозовой пробой добутамином у больных с субэндокардиальным постинфарктным кардиосклерозом отмечается прирост фракции выброса левого желудочка через 6 месяцев после коронарного шунтирования на 14,4 % против 2,5 % у пациентов с отрицательным нагрузочным тестом [9, 15, 19].

### Заключение

Практическое использование приведенных выше литературных данных в настоящее время не нашло должного отражения в рекомендациях по реваскуляризации миокарда. Тем не менее возможно рассматривать включение контрастной МРТ сердца, в том числе с добутаминовой пробой, в алгоритм отбора пациентов для проведения эндоваскулярного вмешательства или коронарного шунтирования именно с позиции прогноза восстановления контрактильной функции миокарда (рис. 3). МРТ сердца с определением распространенности кардиосклероза как тест на нежизнеспособность миокарда, позволяет выделить больных с трансмуральным рубцом и субэндокардиальным повреждением более 50 %. Инотропная стимуляция с добутамином как тест на жизнеспособность определяет прогноз в группе больных с нетрансмуральным постинфарктным кардиосклерозом, охватывающим менее 50 % толщины миокарда. В настоящее время важной задачей деятельности «кардиобригады» остается совершенствование эффектов реваскуляризации у тех пациентов, которые имеют высокую вероятность восстановления функции миокарда, и ограничение выполнения

интервенционных процедур пациентам с низкой вероятностью функционального восстановления миокарда. Безусловно, до сих пор есть много «белых пятен» в определении места МРТ сердца в алгоритме принятия решения о реваскуляризации и выборе ее метода. Результаты дальнейших исследований в этой области позволят найти оптимальную тактику использования данных МРТ о наличии кардиосклероза и функциональном резерве миокарда, что в конечном итоге будет способствовать выбору наиболее взвешенного пути реваскуляризации миокарда.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Белов Ю. В., Вараксин В. А. Постинфарктное ремоделирование левого желудочка сердца. От концепции к хирургическому лечению. М.: ДеНово, 2002. 194 с.
2. Буйлов В. М. Магнитно-резонансные контрастные средства и нефрогенные фиброзирующая дерматопатия и системный фиброз (обзор литературы) // Медицинская визуализация. 2007. № 2. С. 140–143.
3. Сидоренко Б. А., Преображенский Д. В. «Спящий миокард» и «оглушенный миокард» как особые формы дисфункции левого желудочка у больных ишемической болезнью сердца // Кардиология. 1997. № 2. С. 98–101.
4. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines // Circulation. 2011. Vol. 124. P. e652–e735.
5. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging. A report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group // J. Am. Coll. Radiol. 2006. № 10. P. 751–771.
6. Assessment of myocardial viability with contrast-enhanced magnetic resonance imaging: comparison with positron emission tomography / C. Klein [et al.] // Circulation. 2002. Vol. 105. P. 162–167.
7. Bingham S. E., Hachamovitch R. Incremental prognostic significance of combined cardiac magnetic resonance imaging, adenosine stress perfusion, delayed enhancement, and left ventricular function over preimaging for the prediction of adverse events // Circulation. 2011. Vol. 123. P. 1509–1518.
8. Bonow R. O. Myocardial hibernation: a noninvasive physician's point of view // Ital. Heart J. 2002. № 5. P. 285–290.
9. CMR imaging assessing viability in patients with chronic ventricular dysfunction due to coronary artery disease: a meta-analysis of prospective trials / J. Romero [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. 2012. № 5. P. 494–508.
10. Heusch G., Schulz R. Characterization of hibernation and stunned myocardium // Eur. Heart J. 1997. Vol. 18. P. 102–10.
11. Late gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging in acute and chronic myocardial infarction. Improved prediction of regional myocardial contraction in the chronic state by measuring thickness of nonenhanced myocardium / Y. Ichikawa [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. 2005. Vol. 45. P. 901–909.

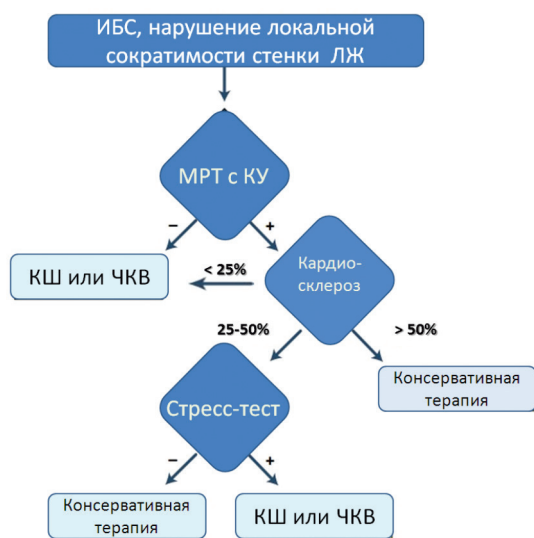


Рис. 3. Алгоритм отбора пациентов на реваскуляризацию миокарда с использованием данных МРТ о глубине, распространенности кардиосклероза и данных о функциональном резерве миокарда левого желудочка

12. Magnetic resonance low-dose dobutamine test is superior to SCAR quantification for the prediction of functional recovery / E. Wellnhofer [et al.] // *Circulation*. 2004. Vol. 109. P. 2172–2174.
13. MRI-based finite-element analysis of left ventricular aneurysm / J. Walker [et al.] // *Am. J. Physiology*. 2005. Vol. 289. P. 692–700.
14. MRI evaluation of left ventricular function in anterior LV aneurysms before and after surgical resection / M. Versteegh [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2003. Vol. 23(4). P. 609–613.
15. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a meta-analysis / K. Allman [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002. Vol. 39. P. 1151–1158.
16. Nagel E., Schuster A. Shortening without contraction: new insights into hibernating myocardium // *J. Am. Coll. Cardiol. Img.* 2010. № 3. P. 731–733.
17. Quantification in cardiac MRI: advances in image acquisition and processing / A. Attili [et al.] // *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2010. Vol. 26. Suppl. 1. P. 27–40.
18. Standardized cardiovascular magnetic resonance (CMR) protocols 2013 update / C. Kramer [et al.] // *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2013. Vol. 15(1). P. 91–101.
19. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction / R. Kim [et al.] // *N. Engl. J. Med.* 2000. Vol. 343. P. 1445–1453.
20. Value of scar imaging and inotropic reserve combination for the prediction of segmental and global left ventricular functional recovery after revascularization / S. Glaveckaite [et al.] // *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2011. Vol. 13. P. 35–43.
21. West A. M., Kramer C. M. Cardiovascular magnetic resonance imaging of myocardial infarction, viability, and cardiomyopathies // *Curr. Probl. Cardiol.* 2010. Vol. 35. P. 176–220.

Статья поступила 16.04.2014

*Ответственный автор за переписку:*

доктор медицинских наук  
**Семенов Станислав Евгеньевич**,  
заведующий отделом диагностики  
сердечно-сосудистых заболеваний  
ФГБУ «НИИ КПССЗ» СО РАМН

*Адрес для переписки:*

Семенов С. Е., 650002, г. Кемерово  
Сосновый бульвар, д. 6  
Тел. 8 (3842) 64-45-88  
E-mail: semenov@cardio.kem.ru

*Corresponding author:*

Dr. Med. Sci.  
**Stanislav E. Semenov**,  
head of department  
of cardiovascular diseases diagnostics  
of FSBI RI for CICVD, SB RAMS

*Correspondence address:*

S. E. Semenov, 6, Sosnoviy blvd.  
Kemerovo, 650002  
Tel. +7 (3842) 64-45-88  
E-mail: semenov@cardio.kem.ru