

Рустамова Я. К.

Азербайджанский медицинский университет, Баку, Азербайджан

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДИАГНОСТИКИ ЖИЗНЕСПОСОБНОГО МИОКАРДА

Ключевые слова: МРТ сердца, гибернированный миокард, дисфункциональный миокард, жизнеспособность миокарда.

Ссылка для цитирования: Рустамова Я. К. Актуальные вопросы диагностики жизнеспособного миокарда. *Кардиология*. 2019;59(2):68–78.

РЕЗЮМЕ

В статье представлен современный анализ исследований и отражены ключевые проблемы, касающиеся целесообразности выполнения МРТ сердца для диагностики жизнеспособности миокарда у больных постинфарктным кардиосклерозом, а также эффективности метода для прогнозирования восстановления функции гибернированного миокарда после выполненной реваскуляризации.

Rustamova Ya. K.

Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

ACTUAL PROBLEMS OF DIAGNOSTICS OF VIABLE MYOCARDIUM

Keywords: cardiac magnetic resonance imaging (MRI); hibernating myocardium; dysfunctional myocardium; myocardial viability.

For citation: Rustamova Ya. K. Actual Problems of Diagnostics of Viable Myocardium. *Kardiologiya*. 2019;59(2):68–78.

SUMMARY

The article presents modern analysis of the studies and reflects the key problems concerning the feasibility of performing cardiac MRI for assessment of myocardial viability in patients with history of myocardial infarction (with postinfarction cardiosclerosis), as well as the effectiveness of the method for predicting restoration of the function of hibernating myocardium after myocardial revascularization.

Последние десятилетия ознаменовались значительным улучшением результатов лечения больных с острым коронарным синдромом (ОКС) за счет оснащения клиник современной ангиографической аппаратурой, создания первичных сосудистых центров, способствовавших широкому внедрению чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ) в сочетании с использованием новых мощных антитромботических препаратов, что позволило существенно снизить смертность у данной категории пациентов [1–5].

Так, если в 2013 г. в Российской Федерации число умерших от ОКС составило 66 тыс., то в 2015 г. этот показатель снизился до 63 тыс. на фоне роста количества эндоваскулярных вмешательств, выполненных по поводу ОКС, число которых по сравнению с 2014 г. увеличилось на 44,9% [6, 7].

В Азербайджанской Республике, как и в Российской Федерации, смертность от инфаркта миокарда (ИМ) остается на уровне 17–27%. При этом от повторного ИМ она увеличилась в период с 2000 г. по 2011 г. на 33,7%, что в 2–3 раза выше аналогичных показателей в странах Северной Америки и Европы [8, 9]. Кроме того, сохраняется высокая летальность, которая составляет 15–16%,

а в 1-е сутки после поступления в стационар достигает 40,4% [10–13].

Высокую смертность от ИМ можно объяснить тем, что «Программа по развитию сети первичных сосудистых отделений и региональных сосудистых центров» реализуется в некоторых регионах с большим отставанием, что напрямую влияет на показатели охвата населения эндоваскулярной помощью. Кроме того, часто нарушаются этапность и сроки оказания медицинской помощи больным с ОКС, особенно в отношении маршрутизации и своевременной доставки пациентов в профильные центры, отсутствует возможность передачи телемедицинских данных, что ухудшает качество оказываемой помощи пациентам [14]. В итоге не все больные получают своевременное и адекватное лечение по поводу ОКС, а эндоваскулярные методы при этом часто оказываются недоступными.

По данным регистра GRACE, в течение 12 мес после перенесенного ОКС (как с подъемом, так и без подъема сегмента ST) умирают около 15% пациентов [15, 16]. Кроме того, больные, перенесшие ИМ, входят в группу высокого риска развития таких сердечно-сосудистых осложнений, как прогрессирование сердечной недостаточности (СН)

и повторный ИМ [17–19]. В связи с этим несвоевременно выполненная операция по восстановлению коронарного кровотока в перинфарктной зоне приводит в отдаленном периоде к отрицательному ремоделированию сердца, нарушению систолической и диастолической функции миокарда, СН, тяжелой гипоперфузии тканей, что существенно затрудняет лечение таких больных и приводит к его бесперспективности [19–24]. Напротив, у больных, которым выполнялось инвазивное лечение при ОКС и ИМ, выявлялся большой объем «спасенного» миокарда, что напрямую положительно влияло как на выживаемость в стационаре, так и на отдаленный прогноз [25–28].

Патофизиологические особенности постинфарктных изменений миокарда

Как известно, постинфарктные изменения, происходящие в сердце после перенесенного ИМ, не ограничиваются рубцовым преобразованием некротической зоны в области инфаркта. С помощью технологий молекулярной и клеточной биологии доказано, что постинфарктный рубец состоит из фенотипически трансформированных фибробластоподобных клеток, называемых миофибробласты. Эти клетки питаются посредством неососудов и находятся в зоне ИМ. Такие участки миокарда содержат кардиомиоциты, которые активно не сокращаются, но сохраняют основные компоненты клеточного метаболизма [4, 28, 29].

С появлением и развитием методов открытой и эндоваскулярной реваскуляризации миокарда был сделан огромный прорыв в лечении больных ишемической болезнью сердца (ИБС). Однако после процедуры реваскуляризации миокарда не во всех случаях происходит восстановление сократительной функции левого желудочка (ЛЖ), что обусловлено необратимыми изменениями в кардиомиоцитах и формированием постинфарктного кардиосклероза [30]. Это связано с тем, что в клинической практике и в некоторых рандомизированных исследованиях при выборе хирургического метода лечения ишемической СН жизнеспособность миокарда часто не принимается во внимание [31].

Следовательно, наличие жизнеспособного миокарда в перинфарктной зоне и восстановление кровотока в ней могут рассматриваться в качестве ключевых компонентов успешного комплексного лечения больных, перенесших ИМ, и влиять на прогноз заболевания [32, 33].

Однако дисфункция миокарда у больных, перенесших ИМ, не всегда обусловлена его некрозом или рубцовым поражением и может выявляться в участках с жизнеспособным миокардом. Основной причиной этого процесса является длительно существующая ишемия миокарда, вследствие которой формируются участки миокарда без признаков механической активности, но с сохранен-

ными основными физиологическими функциями, которые чаще всего являются предикторами развития тяжелых осложнений ИБС [4, 29, 34, 35].

Термин «гибернация миокарда» отображает процесс продолжительного снижения сократительной функции миокарда в ответ на хроническое снижение коронарного кровотока. Типичный сценарий, по которому формируется «гибернированный» миокард, возникает при хорошо развитом коллатеральном кровоснабжении в случае окклюзии крупной коронарной артерии [36]. Однако в некоторых случаях коронарный кровоток может быть нормальным или почти нормальным в покое, а у больного возможно снижение коронарного резерва, которое проявляется повторяющимися эпизодами ишемии, индуцированной нагрузкой и развитием хронической сократительной дисфункции.

Высказывались предположения об изменении фенотипа кардиомиоцитов вследствие ишемии-реперфузии с утратой миофибрилл, аккумуляцией гликогена, недостатком Т-каналцев и саркоплазматического ретикулума, а также других повреждений, соответствующих клеточной дифференцировке [37]. Кроме того, имеются сообщения о роли нарушения регуляции процесса возбуждения-сокращения с участием адренорецепторного аппарата, АТФ и других факторов. Тем не менее, несмотря на механизм формирования гибернации, итогом патофизиологического процесса, протекающего на фоне невосстановленного коронарного кровотока, является необратимая дегенерация кардиомиоцитов, их гибель с исходом в рубец и последующим формированием аневризмы сердца и СН [38].

Предоперационный отбор больных постинфарктным кардиосклерозом: ключевая роль определения жизнеспособности миокарда

Большое значение процедуры определения жизнеспособности миокарда перед проведением операции реваскуляризации у пациентов с различными формами ИБС неоднократно подчеркивалось во многих научных трудах [39–42]. Так, в мета-анализе данных группы пациентов доказана четкая взаимосвязь между оценкой жизнеспособности миокарда и течением послеоперационного периода у пациентов с дисфункцией ЛЖ на фоне атеросклеротического поражения коронарных артерий [43]. Позднее было опубликовано одно из первых рандомизированных исследований PPAR-2 (PET and Recovery Following Revascularization Phase 2), демонстрирующее важную роль определения жизнеспособности миокарда с помощью позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) и неинвазивных методов диагностики для оценки прогноза у пациентов с осложненными формами ИБС после операций реваскуляризации [44].

D. Pagano и соавт. провели исследование, в котором всем пациентам со стабильной стенокардией напряжения высокого функционального класса была проведена оценка жизнеспособности миокарда, что в дальнейшем явилось критерием включения в исследование. После этого пациенты были рандомизированы в группы ЧКВ и оптимальной медикаментозной терапии – ОМТ (ЧКВ+ОМТ) или только ОМТ. Было продемонстрировано, что 5-летняя выживаемость в группе ЧКВ+ОМТ составила 84% против 50% в группе ОМТ ($p=0,01$) [45].

Противоречивыми оказались результаты исследования STICH (Surgical Treatment for Ischemic Heart Failure), посвященного изучению роли предоперационного определения жизнеспособности миокарда у больных с СН. В данном исследовании отмечено отсутствие прогностической ценности метода определения жизнеспособности миокарда в отношении послеоперационного прогноза, независимо от метода лечения [46]. В исследование были включены 1212 больных ИБС с фракцией выброса (ФВ) ЛЖ $\leq 35\%$, направленных на лечение с помощью аортокоронарного шунтирования (АКШ) в сочетании с ОМТ или посредством только ОМТ. При этом не выявлено достоверных различий по общей смертности между группами АКШ+ОМТ или только ОМТ в течение 56 мес наблюдения. Отсутствие достоверных преимуществ хирургического лечения у больных с жизнеспособным миокардом привело к многочисленным дискуссиям относительно целесообразности определения жизнеспособности миокарда на этапе отбора пациентов для реваскуляризации миокарда.

Однако детальный анализ исследования STICH позволил выявить некоторые недостатки, которые, вероятнее всего, способствовали получению подобных противоречивых выводов относительно определения жизнеспособности миокарда. Несмотря на то что исследование STICH было рандомизированным, его подраздел, посвященный определению жизнеспособности миокарда, по сути являлся наблюдательным [47]. Кроме того, было отмечено, что у 81% пациентов объем жизнеспособного миокарда был намного больше, чем у пациентов из ранее представленных исследований.

Другой важной особенностью данного исследования явилось то, что для диагностики жизнеспособного миокарда не применялись новые диагностические методы, такие как ПЭТ с 18-фтордезоксиглюкозой и магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца, обладающие более высоким разрешением, а использовались лишь стресс-эхокардиография (ЭхоКГ) с добутамином и однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ). Применение этих методов, возможно, позволило бы создать условия для более точной идентификации и количественного определения жизнеспособности мио-

карда, что, несомненно, оказало бы влияние на результаты реваскуляризации миокарда [42]. Кроме того, прослеживался дисбаланс по числу пациентов с жизнеспособным и нежизнеспособным миокардом, направленных на АКШ в комбинации с медикаментозной терапией. При этом очевидно, что небольшое число пациентов с малым объемом жизнеспособного миокарда в изучаемых группах может уменьшить мощность исследования и способствовать получению недостоверных результатов [42].

Последние ретроспективные исследования, опубликованные после STICH, в которых использовались более новые методы визуализации, продемонстрировали потенциальную пользу определения жизнеспособности миокарда перед проведением реваскуляризации [48, 49]. У больных с гибернирующим (жизнеспособным) миокардом была выявлена тенденция к повышению выживаемости при ранней реваскуляризации.

Таким образом, точное и своевременное определение жизнеспособности миокарда на дооперационном этапе может способствовать улучшению прогноза у больных, перенесших ИМ, за счет правильного выбора показаний к реваскуляризации миокарда, и, наоборот, исключить пациентов, у которых не следует ожидать улучшения от реваскуляризации вследствие отсутствия жизнеспособного миокарда.

Результаты описанных выше исследований у пациентов с осложненными формами ИБС ставят под сомнение достоверность исследования STICH при оценке прогноза у пациентов, которым выполнялась реваскуляризация миокарда. Более того, определение жизнеспособности миокарда, по всей видимости, имеет особо большое значение у пациентов с высоким риском неблагоприятного исхода после реваскуляризации.

Диагностика жизнеспособности миокарда должна осуществляться с использованием современных визуализирующих методов с высоким пространственным разрешением, таких как ПЭТ или МРТ с контрастным усилением [50].

Несмотря на очевидную актуальность, данные методы, определяющие целесообразность и эффективность хирургического или эндоваскулярного вмешательства, в клинической практике применяются нечасто, а реваскуляризация миокарда выполняется по данным коронарографии, исключая наличие нежизнеспособного миокарда.

Согласно действующим рекомендациям Европейского общества кардиологов по реваскуляризации миокарда от 2014г., современные визуализирующие методы с высоким пространственным разрешением, в том числе МРТ сердца, рекомендуются лишь для визуализации ишемии миокарда у пациентов с умеренной претестовой вероятностью ИБС (15–85%). Отмечено, что МРТ сердца показывает высокую диагностическую точность

для оценки трансмурального объема рубцовой ткани и сократительного резерва, тогда как в отношении определения жизнеспособности миокарда и прогнозирования степени восстановления сократимости стенки сердца диагностическая точность метода МРТ сопоставима с другими методиками (ПЭТ, ОФЭКТ, стресс-ЭхоКГ с добутамином) [51]. Однако следует отметить, что существующая доказательная база основана преимущественно на обсервационных исследованиях и мета-анализах, тогда как рандомизированные исследования по изучению данного вопроса проводились только для метода ПЭТ.

Методы визуализации жизнеспособного миокарда

Совершенствование диагностики ИБС относится к числу наиболее актуальных проблем современной кардиологии, так как прогноз заболевания и тактика лечения во многом зависят от точности диагностических методов, особенно в отношении структурно-функциональных изменений миокарда.

В настоящее время в кардиологии существуют общепринятые стандарты оценки жизнеспособности дисфункционального миокарда, которые могут быть разделены на следующие группы: доказательство наличия метаболической активности миокарда (ПЭТ); косвенная оценка перфузии миокарда и сохранности функциональных ультраструктур кардиомиоцитов (радиоизотопные исследования с таллием-201 и препаратами технеция, МРТ с отсроченным контрастированием); выявление сократительного резерва миокарда (фармакологическая стресс-ЭхоКГ с добутамином, МРТ с добутаминовым тестом) [52].

Радионуклидные методы

Радионуклидные методы визуализации являются исторически наиболее давними в исследованиях состояния миокарда, они широко применялись еще в середине 70-х годов прошлого века, когда МРТ отсутствовала в клинической практике как таковая, а в конце 80-х достигли уже высокого, мало отличающегося от сегодняшнего, уровня развития и считались «золотым стандартом» в оценке жизнеспособности миокарда.

Метод предназначен для изучения кровоснабжения миокарда на уровне микроциркуляции и основан на оценке распределения в сердечной мышце внутривенно введенного радиофармпрепарата (РФП), который включается в неповрежденные кардиомиоциты пропорционально коронарному кровотоку. Распределение РФП в миокарде зависит как от самой перфузии, так и от целостности сарколеммы и сохранности клеточного метаболизма (жизнеспособности) [53]. Однако в отличие от ПЭТ, при помощи которой можно судить о непосредственном включении меченного РФП в клеточный метаболизм, метод

перфузионной сцинтиграфии позволяет лишь косвенно судить о жизнеспособности миокарда по активности кровотока [23, 40].

Несмотря на то что совершенствование технических средств позволило улучшить пространственное разрешение томографических гамма-камер и позитронных эмиссионных томографов, пространственное разрешение этих устройств в настоящее время считают неточным, тогда как при других томографических методах, таких как МРТ и ультразвуковые методы, оно доходит до нескольких миллиметров [54]. ПЭТ в настоящее время рассматривается как «золотой стандарт» для определения жизнеспособности миокарда. Уникальность данного метода заключается в том, что это единственная методика, позволяющая напрямую оценивать метаболические процессы *in vivo* [55]. В основе ПЭТ также лежит использование РФП. Однако в отличие от традиционных методов ядерной медицины, при ПЭТ в качестве РФП используются меченные изотопами молекулы: кислород-15, углерод-11, азот-13, т. е. вещества, которые являются естественными активными метаболитами организма. Изображения ПЭТ отражают распределение РФП в исследуемом органе и позволяют оценивать процессы клеточного метаболизма, кровотока и перфузию миокарда. При этом техника томографии дает возможность получать срезы в различных плоскостях.

Описанные преимущества ПЭТ в диагностике жизнеспособного миокарда достижимы только при сочетании двух исследований – метаболического (ПЭТ с 18-фтордезоксиглюкозой) и перфузионного (ПЭТ с рубидием-82, аммонием-13 и др.). Сочетанная оценка перфузии миокарда и потребления глюкозы в различных сегментах миокарда позволяет выявить участки как нежизнеспособного миокарда (рубцовая ткань) – снижение перфузии и потребления глюкозы, так и жизнеспособной ткани – нормальное или повышенное потребление глюкозы в зоне сниженной перфузии [55]. Для пациентов с нормальным или умеренным ухудшением функции ЛЖ прогностическая ценность ПЭТ сходна с таковой добутаминовой стресс-ЭхоКГ (прогностическая ценность положительного результата 69–83%, отрицательного результата – 81–90%) [45].

Среди методов диагностики жизнеспособного миокарда ПЭТ обладает самой большой прогностической ценностью у пациентов с выраженной СН и низкой ФВ ЛЖ. К преимуществам ПЭТ перед другими методами оценки метаболизма миокарда следует отнести возможность коррекции ослабления фотонного излучения мягкими тканями и количественную оценку оборота меченных соединений. Благодаря высокой энергии позитронов высококачественные изображения удается получать даже у пациентов с избыточной массой тела [56].

Однако существует ряд недостатков этой методики, препятствующих ее широкому клиническому использованию. Прежде всего, это высокая стоимость, а также то, что большинство изотопов для ПЭТ являются ультракороткоживущими и, следовательно, времени на их производство и доставку мало. В связи с этим такие изотопы вырабатывают на месте проведения исследования или вблизи него.

Обсуждая возможности радионуклидных методов оценки состояния миокарда, следует отметить, что они не позволяют достоверно выделять пациентов с неблагоприятным прогнозом. В первую очередь это вызвано тем, что так и не удалось создать эмиссионный томограф с пространственным разрешением, хотя бы сравнимым с тем, что достигается при ультразвуковых, рентгеновских исследованиях и МРТ. Однако при разрешении томографа 6 мм эти методики позволяют сконцентрироваться на клинически значимых нарушениях перфузии и метаболизма. Тем не менее ОФЭКТ и ПЭТ, в отличие от методов компьютерной томографии и МРТ, позволяют исследовать миокард только посегментно, а не послойно [4]. Кроме того, используемые РФП являются маркерами перфузии обмена глюкозы и жирных кислот, поглощения ионов, т.е. неспецифических процессов, типичных как для рубцовой, так и сократительной миокардиальной ткани.

Фармакологическая стресс-ЭхоКГ

Большую роль в диагностике изменений сократительной функции миокарда у больных ИБС играют результаты ЭхоКГ [57–59]. Этот метод относительно недорогой и простой в технике проведения по сравнению с другими способами визуализации сердца. Тем не менее исследование систолической функции миокарда с помощью традиционной транссторакальной ЭхоКГ в покое не позволяет достоверно отнести сегменты с нарушенной кинетикой к жизнеспособной или рубцовой ткани. Исключение составляет улучшение сократимости жизнеспособных сегментов миокарда в постэкстрасистолическом сокращении [60].

Важной отличительной особенностью обратимой дисфункции миокарда является наличие положительного инотропного резерва, который проявляется увеличением сократимости в ответ на инотропную стимуляцию. Этот ответ является двухфазным и может служить маркером жизнеспособного миокарда с потенциальным улучшением функции после реваскуляризации [61]. Данный признак позволяет использовать стресс-ЭхоКГ для верификации жизнеспособного миокарда. Напротив, нежизнеспособный миокард (рубец или некроз) не улучшает сократимость (отрицательный инотропный резерв). Следует помнить, что положительный инотропный

резерв может быть выявлен в случае нетрансмурально-го некроза, если эти участки миокарда содержат неповрежденные кардиомиоциты, способные увеличить свою сократимость при нагрузке [34, 39, 45].

С целью выявления жизнеспособного миокарда при стресс-ЭхоКГ используются пробы с фармакологическими препаратами. Наиболее часто для верификации жизнеспособного миокарда применяется введение синтетического β_1 -адреностимулятора добутамина, который в малых дозах (5–10 мкг/кг/мин) способен повышать сократимость жизнеспособного миокарда без существенного повышения частоты сердечных сокращений. Сопоставление данных стресс-ЭхоКГ с добутамином и перфузионной сцинтиграфии с результатами, полученными после успешной реваскуляризации, свидетельствует о примерно одинаковой чувствительности стресс-ЭхоКГ (от 74 до 94%) и сцинтиграфии (от 89 до 100%). Однако специфичность радионуклидных методов ниже (40–55%), чем стресс-ЭхоКГ (77–95%). В то же время стресс-ЭхоКГ обычно недооценивает степень жизнеспособности миокарда, которая выявляется радионуклидными методами при пробе с добутамином [23, 31, 34, 39, 40, 49, 56, 61–63].

С учетом различных критериев жизнеспособности, используемых при стресс-ЭхоКГ (выявление резерва сократимости) и радионуклидных методах (оценка состояния мембран кардиомиоцитов), их можно рассматривать как взаимодополняющие методы, а в некоторых случаях целесообразно их сочетанное применение.

Магнитно-резонансная томография

Методологической особенностью современной МРТ является сочетание полной безвредности метода с высоким пространственным разрешением получаемых изображений, что принципиально отличает МРТ от радионуклидных методов [54].

В настоящее время при выполнении МРТ используют как динамические протоколы, за счет прямой синхронизации с электрокардиограммой визуализирующих процессов сокращения и расслабления миокарда, так и протоколы детальной пространственной визуализации анатомических особенностей миокарда, вплоть до дифференцировки по различным его слоям и анатомическим составляющим [64].

Благодаря используемой импульсной последовательности SSFP (steady-state free precession) получают изображения высокой контрастности, что позволяет хорошо проследить эпикардиальные и эндокардиальные контуры камер сердца, а также визуально оценить такие мелкие структуры, как створки клапанов и папиллярные мышцы [57, 58, 65, 66]. Кроме того, имеется возможность количественно и качественно описать реги-

онарную сократимость левого и правого желудочков, что позволяет получить важную информацию о массе миокарда ЛЖ, а также величине объема неповрежденной сердечной мышцы, что является важным прогностическим критерием течения ИБС, особенно если речь идет о предстоящей реваскуляризации миокарда [58, 67]. Измерения проводятся на срезах по короткой оси ЛЖ с применением метода дисков Симпсона, на основании которого максимально точно учитываются анатомические особенности камер сердца в различные фазы цикла сокращения [66].

Благодаря этим особенностям методы исследования жизнеспособности миокарда при помощи МРТ могут быть функциональными, когда результаты МРТ сопоставляются с результатами ультразвуковых исследований, и морфологическими, которые позволяют напрямую визуализировать поврежденный миокард. Последние, в свою очередь, подразделяются на неконтрастные, основанные на анализе анатомических показателей геометрии и толщины стенки ЛЖ, и контрастные.

Функциональные методы основаны на сочетании визуализации всего сердечного цикла и фармакологических проб, выявляющих резервы сократимости даже в частично поврежденном миокарде. При этом основанные на этом методе способы оценки жизнеспособности миокарда в целом повторяют хорошо изученные и разработанные ультразвуковые методы. В частности, в качестве критерия жизнеспособности миокарда используется параметр восстановления сегментарной сократимости при введении добутамина. Как и в ультразвуковой диагностике, при функциональной МРТ используется 2 режима введения добутамина. Для оценки скрытого резерва сократимости и жизнеспособности миокарда применяется дозировка 10 мкг/кг/мин, а для выявления зон ишемии миокарда – 40 мкг/кг/мин.

При анализе функциональных динамических киноизображений, полученных методом МРТ с помощью импульсной последовательности SSFP, есть возможность оценить величину, выраженность систолического утолщения каждого из 17 сегментов ЛЖ [68], и на основании полученной информации охарактеризовать кинетику каждого из них аналогично методике ЭхоКГ [59]. Кроме того, внедрение в практику сверхбыстрых импульсных последовательностей градиентного эхо-сигнала (TGE) в МР-томографах позволяет визуализировать не только нарушения сократимости миокарда, но и микроциркуляции в сердечной мышце у пациентов с ИБС [57].

Методика отсроченного контрастирования с помощью парамагнетиков позволяет получить представление о наличии зон отека, фиброза и постинфарктных рубцов в миокарде, возникших вследствие ишемии, воспа-

ления и дистрофии. Данная методика хорошо подходит для визуальной оценки локализации, распространенности необратимо поврежденного и жизнеспособного миокарда при остром ИМ и постинфарктном кардиосклерозе, а также для отслеживания динамики формирования рубца [66, 69].

Вследствие хорошего пространственного и временного разрешения МРТ сердца в настоящее время признается «золотым стандартом» в оценке глобальной сократительной функции ЛЖ, а также в отношении выявления локальных нарушений сократимости миокарда [66].

Морфологический анализ миокарда для выявления его жизнеспособности осуществляется по следующим направлениям:

- измерение толщины миокарда ЛЖ в фазу диастолы;
- оценка перфузионных изменений в миокарде;
- определение участков задержки вымывания контрастного препарата с помощью МРТ в фазу отсроченного контрастирования [4].

Произвести оценку морфологии сердца (толщины миокарда, выраженности его гипертрофии), а также выявить дилатацию камер сердца до процедуры внутривенного контрастирования с помощью МРТ возможно путем применения специальной импульсной последовательности Turbo Spin Echo (TSE) [57, 58, 65, 66].

Для увеличения точности дифференциальной диагностики жизнеспособного миокарда и постинфарктного рубца целесообразно по возможности сочетать исследование сократимости, перфузии и отсроченного контрастирования миокарда при МРТ [70].

В настоящее время не существует строго определенного алгоритма проведения МР-исследования перфузии миокарда. Ряд авторов считают, что оценивать перфузию с нагрузкой нужно именно на первом этапе процедуры, а затем – в покое. Другие специалисты придерживаются мнения, что вообще нет существенной необходимости оценивать микроциркуляцию миокарда в покое и можно полностью от этого отказаться, так как наиболее важную информацию несет именно часть исследования с нагрузкой. Тем не менее наличие диагностической информации, полученной в покое, часто играет важную роль в дифференциальной диагностике артефактов изображения и истинных субэндокардиально расположенных дефектов перфузии, возникающих при использовании SSFP-последовательности.

Проведение исследования в 2 этапа считается более информативным, так как имеется возможность сравнить полученные результаты в покое и при нагрузке [31]. Если дефекты перфузии при нагрузке все-таки формируются, то проверяется их наличие в фазе покоя с целью дифференциального диагноза между рубцом и жизнеспособным (гибернирующим) миокардом [58].

**Возможности МРТ в оценке
восстановления функции миокарда
у больных постинфарктным кардиосклерозом**

Существует мнение, что прогрессирование глобальной дилатации ЛЖ происходит в тех ситуациях, когда рубец по своей распространенности составляет больше $\frac{1}{3}$ периметра его окружности [71]. Распространение постинфарктной рубцовой ткани авторы данного исследования оценивали с помощью МРТ с отсроченным контрастированием на изображениях по короткой и длинным осям ЛЖ (в 2-, 3- и 4-камерных проекциях с включением папиллярных мышц) у 902 больных. Значения четырех измерений складывались и делились на 4, что давало среднее значение процентного содержания рубца. При этом исследователям удалось классифицировать постинфарктные рубцы в 4 группы, в зависимости от объема вовлеченной окружности ЛЖ и сократительной способности миокарда: нормальные или субнормальные показатели сократительной функции сердца отмечались при величине рубца менее 10% миокарда ЛЖ; умеренное увеличение объемных показателей и умеренное снижение ФВ ЛЖ – при протяженности постинфарктного рубца от 10 до 35%; значительное увеличение объемных показателей и значительное снижение ФВ ЛЖ – при протяженности рубцовой ткани от 35 до 50% окружности ЛЖ; ФВ ЛЖ ниже 25%, признаки СН IV функционального класса при размерах постинфарктных рубцовых изменений более 50% от периметра окружности ЛЖ.

Авторы также отметили, что при величине постинфарктного рубца более 30% от периметра ЛЖ наступает необратимая дилатация его полости независимо от качества оказываемой медицинской помощи [71]. При этом истонченные области миокарда, которые характеризовались при МРТ сердца контрастированием менее 50%, продемонстрировали значительное обратное ремоделирование и улучшение сократительной функции после реваскуляризации. Данные результаты в дальнейшем показали важность отсроченного контрастирования для прогноза функционального восстановления даже при значительном истончении стенки [72].

Выявление потенциала возможного улучшения сократимости в зоне дисфункционального миокарда после реваскуляризации становится возможным благодаря стресс-МРТ [57, 58], которая с большей достоверностью позволяет определить вероятность функционального восстановления и резерва сократимости [58] по сравнению с подобной методикой при ЭхоКГ [59].

В мета-анализе J. Romero и соавт. (2012) указывается на высокую специфичность и прогностическую ценность положительного результата стресс-МРТ с добутамином для оценки сократительного резерва миокарда. Именно этот метод позволяет определить, насколько велики шан-

сы восстановления функции ЛЖ после реваскуляризации. При получении положительных результатов МРТ сердца с нагрузочной низкодозовой пробой добутамином у больных с субэндокардиальным постинфарктным кардиосклерозом отмечается прирост ФВ ЛЖ через 6 мес после реваскуляризации миокарда на 14,4% против 2,5% у пациентов с отрицательным нагрузочным тестом [73].

С помощью МРТ с отсроченным контрастированием было показано, что у больных ИБС, перенесших ИМ, восстановление локальной сократительной функции после реваскуляризации происходит в том случае, если в месте повреждения толщина ишемизированного миокарда составляет не более 45% от толщины миокарда в целом. При этом следует учитывать, что если индекс трансмуральности больше 55–60%, восстановление сократимости даже в условиях идеально выполненной реваскуляризации миокарда весьма маловероятно [74, 75].

Кроме того, имеются сведения о том, что если масса неповрежденного миокарда ЛЖ превышает 115 г, прогноз выживаемости достоверно лучше, тогда как при меньшей его массе, а также толщине жизнеспособного миокарда 7 мм вероятность смерти в течение первого года после операции значительно возрастает [70].

Интересными представляются сведения о том, что удачно выполненная реваскуляризация миокарда при дооперационной величине индекса трансмуральности менее 0,42–0,45 способствует достоверному снижению данного индекса в послеоперационном периоде, тогда как при больших дооперационных значениях индекса трансмуральности его снижения в послеоперационном периоде не отмечается [75].

Эффективность реваскуляризации миокарда у таких больных до сих пор не имеет однозначной оценки, что подтверждает необходимость новых исследований с применением самых современных диагностических методик, усиливающих пользу реваскуляризации, с обязательной предварительной оценкой жизнеспособности миокарда для определения ее влияния на результат реваскуляризации. В связи с этим выявление и оценка дисфункционального, но жизнеспособного миокарда являются основой диагностического процесса у больных с различными формами ИБС. Именно этот фактор позволяет обоснованно отбирать больных на реваскуляризацию и прогнозировать улучшение течения заболевания и качества жизни, уменьшение симптомов СН.

В настоящее время существует несколько методов, позволяющих выявить инотропный резерв, сохранность перфузии и микроциркуляторного русла, целостность клеточных мембран либо метаболических признаков жизнеспособности. Эти методы различаются не только по своей информативности, но и по безопасности, а также по стоимости и, следовательно, по доступности.

МРТ в качестве метода визуализации ишемии миокарда и определения его жизнеспособности стала применяться относительно недавно, поэтому доказательная база в сравнении с другими методами недостаточно велика [76]. В крупном клиническом исследовании SE-MARC, в котором сравнивали показатели стресс-перфузии 752 пациентов с клинической картиной стенокардии и наличием минимум одного фактора риска развития ИБС, показано, что чувствительность МРТ по сравнению с ОФЭКТ выше, при этом специфичность методов достоверно не различалась [77].

Другие исследователи провели ретроспективный анализ 78 пациентов с ангиографически доказанным трехсосудистым поражением коронарного русла. Всем пациентам были проведены стресс-перфузия МРТ и ОФЭКТ с разницей во времени не более 4 нед. В итоге было показано, что стресс-перфузия, по данным МРТ, имеет большее прогностическое значение, в отличие от ОФЭКТ, в верификации ишемии миокарда у пациентов с ИБС и трехсосудистым поражением коронарного русла. Чувствительность МРТ сердца составила 86,5%, тогда как чувствительность ОФЭКТ всего лишь 66,5% ($p < 0,0001$) [78].

Среди представленных в статье методов определения жизнеспособности миокарда МРТ сердца можно отнести к универсальным, когда одно исследование позволяет получить полную информацию об объеме и анатомическом расположении поврежденной ткани миокарда, степени биомеханических нарушений сердечной мышцы и состояния коронарного артериального русла.

Включение МРТ в алгоритм отбора пациентов для выполнения реваскуляризации миокарда с позиции прогноза восстановления функции миокарда становится актуальной задачей кардиологии в последние несколько лет. Однако окончательно определить место МРТ сердца в алгоритме принятия решения о реваскуляризации и выборе ее метода, а также о чувствительности и специфичности метода в определении жизнеспособности миокарда и его влиянии на прогноз в настоящее время не представляется возможным, в связи с тем, что в отношении данного метода отсутствует весомая доказательная база.

В связи с изложенным, существует потребность в проведении новых исследований в этой области, что позволит разработать оптимальные лечебно-диагностические алгоритмы у больных с дисфункциональным миокардом.

Information about the author:

Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

Department of Internal Medicine № 2

Rustamova Yasmin K. – MD, PhD.

E-mail: yasmin.rst@gmail.com

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Barbarash L.S., Kovalenko O.V., Heraskov V.Ju. New organizational approaches to the provision of medical care in acute coronary syndrome. *Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika* 2011;10(5):43–7. Russian (Барбараш Л.С., Коваленко О.В., Херасков В.Ю. Новые организационные подходы оказания медицинской помощи при остром коронарном синдроме. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика* 2011;10(5):43–47).
2. Dedov S.V., Mazaev V.P., Rjazanova S.V. et al. The study of the quality of life in the interventional and conservative treatment of patients with stable angina at distant observation times. *Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika* 2014;13(5):31–35. Russian (Дедов С.В., Мазаев В.П., Рязанова С.В. и др. Исследование качества жизни при интервенционном и консервативном лечении больных со стабильной стенокардией на отдаленных сроках наблюдения. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика* 2014;13(5):31–35).
3. Madzhitov N.H., Alimov D.A., Kenzhaev M.L. Effect of stenting of the coronary arteries on the stunned myocardium in acute coronary syndrome with ST segment elevation. *Mezhdunarodnyj zhurnal intervencionnoj kardioangiologii* 2010;20:19–22. Russian (Маджитов Н.Х., Алимов Д.А., Кенжаев М.Л. Влияние стентирования коронарных артерий на оглушенный миокард при остром коронарном синдроме с подъемом сегмента ST. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии* 2010;20:19–22).
4. Camici P.G., Kumak S.P., Rimoldi O.E. Stunning, Hibernating and Assessment of Myocardial Viability. *Circulation* 2008;117:103–114.
5. Rosamond W., Flegal K., Friday G. et al. Heart disease and stroke statistics – 2007 update: a report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. *Circulation* 2007;115(15):e69–e171.
6. Morbidity of the adult population of Russia. *Statisticheskij sbornik*. М.: МЗ РФ, 2015, 186s. Russian (Заболеемость взрослого населения России. *Статистический сборник*. М.: МЗ РФ, 2015, 186с).
7. Bokerija L.A., Alekjan B.G. Endovascular diagnosis and treatment of heart and vascular diseases in the Russian Federation - 2014. М.: izd-vo NCSSH im. A.N. Bakuleva RAMN, 2015. – 206 s. Russian (Бокерия Л.А., Алекаян Б.Г. Рентгеноэндоваскулярная диагностика и лечение заболеваний сердца и сосудов в Российской Федерации – 2014 г. М.: изд-во НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2015. – 206с).
8. Rzayeva A.J., Agayeva K.F., Mamedbeyli A.K. Comparative valuation of the epidemiological characteristics and survival after myocardial infarction and stroke in railroad Azerbaijan. *J Health Scie* 2013;3(10):745–754.
9. Azizov V.A., Hatamzade Je.M. Modern characteristics of the overall mortality and mortality due to diseases of the circulatory system in the Republic of Azerbaijan. *Terapevticheskij arhiv* 2016;3:52–55. Russian (Азизов В.А., Хатамзаде Э.М. Современная характеристика общей смертности и смертности вследствие болезней системы кровообращения в Азербайджанской Республике. *Терапевтический архив* 2016;3:52–55).

10. Bojcov S.A., Samorodskaja I.V., Treťjakov V.V. Gradient mortality rate of the population aged 40-59 years in the subjects of the Russian Federation. *Vestnik rossijskoj akademii medicinskih nauk* 2014;69(7-8):106-111. Russian (Бойцов С.А., Самородская И.В., Третьяков В.В. Градиент смертности населения в возрасте 40-59 лет в субъектах Российской Федерации. *Вестник Российской Академии медицинских наук* 2014;69(7-8):106-111).
11. Oganov R.G., Koncevaja A.V., Kalinina A.M. Economic damage from cardiovascular diseases in the Russian Federation. *Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika* 2011;4:4-9. Russian (Оганов Р.Г., Концевая А.В., Калинина А.М. Экономический ущерб от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика* 2011;4:4-9).
12. Chazova I.E., Oshhepkova E.V. Fighting cardiovascular diseases: problems and solutions at the present stage. *Vestnik Roszdravnadzora* 2015;4:7-18. Russian (Чазова И.Е., Ощепкова Е.В. Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями: проблемы и пути решения на современном этапе. *Вестник Росздравнадзора* 2015;4:7-18).
13. Oshhepkova E.V., Efremova Ju.E., Karpov Ju.A. Morbidity and mortality from myocardial infarction in the Russian Federation in 2000-2011. *Terapevtičeskij arhiv* 2013;4:4-10. Russian (Ощепкова Е.В., Ефремова Ю.Е., Карпов Ю.А. Заболеваемость и смертность от инфаркта миокарда в Российской Федерации в 2000-2011 гг. *Терапевтический архив* 2013;4:4-10).
14. Fisenko V.S., Rogino N.I., Korochkin A.V. Implementation of the main targets for reducing mortality from diseases of the circulatory system in the subjects of the Russian Federation (based on the results of control and surveillance activities of Roszdravnadzor). *Vestnik Roszdravnadzora* 2015;4:26-32. Russian (Фисенко В.С., Рогино Н.И., Корочкин А.В. Выполнение основных целевых показателей по снижению смертности от болезней системы кровообращения в субъектах Российской Федерации (по результатам контрольно-надзорных мероприятий Росздравнадзора). *Вестник Росздравнадзора* 2015;4:26-32).
15. Fox K.A., Anderson F.A., Goodman S.G. et al. Time course of events in acute coronary syndromes: implications for clinical practice from the GRACE registry. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med* 2008;5:580-589.
16. Jernberg T., Hasvold P., Henriksson M. et al. Cardiovascular risk in post-myocardial infarction patients: nationwide real world data demonstrate the importance of a long-term perspective. *Eur Heart J* 2015;36(19):1163-1170.
17. Kuznecov D.V., Hohlnunov S.M., Silagin A.P. et al. Ischemic heart disease complicated by heart failure: the possibility of surgical treatment. *Kardiologija* 2013;53(5):55-60. Russian (Кузнецов Д.В., Хохлунов С.М., Силагин А.П. и др. Ишемическая болезнь сердца, осложненная сердечной недостаточностью: возможность хирургического лечения. *Кардиология* 2013;53(5):55-60).
18. Gatzoulis K.A., Tsiachris D., Arsenos P. et al. Post myocardial infarction risk stratification for sudden cardiac death in patients with preserved ejection fraction: PRESERVE-EF study design. *Hellenic J Cardiol* 2014;55(5):361-368.
19. Belenkov Ju.N., Mareev V.Ju., Ageev F.T. Epidemiological researches of heart failure: condition of a question. *Serdechnaja nedostatočnost' 2002*;3(2):57-58. Russian (Беленков Ю.Н., Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т. Эпидемиологические исследования сердечной недостаточности: состояние вопроса. *Сердечная недостаточность* 2002;3(2):57-58).
20. Bershtejn L.P., Novikov V.I., Vishnevskij A.Ju. Forecasting of postinfarction remodeling of the left ventricle. *Kardiologija* 2011;51(3):17-23. Russian (Берштейн Л.П., Новиков В.И., Вишневецкий А.Ю. Прогнозирование постинфарктного ремоделирования левого желудочка. *Кардиология* 2011;51(3):17-23).
21. Mamatkulov N.A., Aljavi A.L., Kenzhaev M.L. et al. Remodeling of the left ventricle at patients with reversible ischemic dysfunction before and after a myocardium revascularization. *Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika* 2011;10(6):28-32. Russian (Маматкулов Н.А., Аляви А.А., Кенжаев М.Л. и др. Ремоделирование левого желудочка у больных с обратимой ишемической дисфункцией до и после реваскуляризации миокарда. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика* 2011;10(6):28-32).
22. Chumakova G.A., Peshkova N.S., Veselkovskaja N.G., Kozarenko A.A. Prevention of postinfarction remodeling of the left ventricle at late restoration of a coronary blood flow. *Kardiologija i serdechno-sosudistaja hirurgija* 2011;4(5):18-23. Russian (Чумакова Г.А., Пешкова Н.С., Веселковская Н.Г., Козаренко А.А. Профилактика постинфарктного ремоделирования левого желудочка при позднем восстановлении коронарного кровотока. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия* 2011;4(5):18-23).
23. Vax J.J., Schinkel A.L., Boersma E. et al. Early versus delayed revascularization in patients with ischemic cardiomyopathy and substantial viability: impact on outcome. *Circulation* 2003;108(suppl):II-39-II-42.
24. Malek L.A., Silva J.C., Bellenger N.G. et al. Late percutaneous coronary intervention for an occluded infarct-related artery in patients with preserved infarct zone viability: a pooled analysis of cardiovascular magnetic resonance studies. *Cardiol J* 2013;20(5):552-559.
25. Makoeva M.H., Semitko S.P., Avtandilov A.G. Influence of endovascular intervention on intracardial haemo dynamics and remodeling of the left ventricle at a sharp myocardial infarction in comparison with thrombolytic therapy. *Rossijskij kardiologičeskij žurnal* 2012;5(97):25-29. Russian (Макоева М.Х., Семитко С.П., Автандилов А.Г. Влияние эндоваскулярного вмешательства на внутрисердечную гемодинамику и ремоделирование левого желудочка при остром инфаркте миокарда в сравнении с тромболитической терапией. *Российский кардиологический журнал* 2012;5(97):25-29).
26. Erlih A.D., Mackeplishvili S.T., Gracianskij N.A., Buziashvili Ju.I. First Moscow register of acute coronary syndrome: the characteristic of patients, treatment and outcomes during stay in a hospital. *Kardiologija* 2013;53(12):4-13. Russian (Эрлих А.Д., Мацкеплишвили С.Т., Грацианский Н.А., Бузиашвили Ю.И. Первый московский регистр острого коронарного синдрома: характеристика больных, лечение и исходы за время пребывания в стационаре. *Кардиология* 2013;53(12):4-13).
27. Fujii K., Masuyama T., Rinsho N. Concept, definition, and pathophysiology of the stunned and hibernating myocardium. *Japanese* 2011;69(7):138-141.
28. Holley C.T., Long E.K., Lindsey M.E. et al. Recovery of hibernating myocardium: what is the role of surgical revascularization? *J Card Surg* 2015;30(2):224-2.
29. Agmadova Z.M., Kallaeva A.N. Features of progressing of remodeling of a myocardium at patients with various forms of unstable angina. *Kardiologija* 2014;54(7):9-16. Russian (Агмадова З.М., Каллаева А.Н. Особенности прогрессирования ремоделирования миокарда у больных различными формами нестабильной стенокардии. *Кардиология* 2014;54(7):9-16).
30. Choi J.H., Chang S.A., Choi J.O. Frequency of Myocardial Infarction and Its Relationship to Angiographic Collateral Flow in Territories Supplied by Chronically Occluded Coronary Arteries. *Circulation* 2013;127:703-709.
31. Nagel E., Schuster A. Shortening without contraction: new insights into hibernating myocardium. *J Am Coll Cardiol Img* 2010;3:731-733.
32. Patrikeev A.V., Rudman V.Ja., Maksimkin D.A. et al. Viable myocardium as criterion of successful endovascular treatment of patients with a postinfarction cardiosclerosis. *Kardiologija i serdechno-sosudistaja hirurgija* 2015;8(1):12-16. Russian (Патрикеев А.В., Рудман В.Я., Максимкин Д.А. и др. Жизнеспособный миокард как критерий успешного эндоваскулярного лечения больных с постинфарктным кардиосклерозом. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия* 2015;8(1):12-16).
33. Pujadas S., Martin V., Rosselló X. et al. Improvement of myocardial function and perfusion after successful percutaneous revascularization in patients with chronic total coronary occlusion. *Int J Cardiol* 2013;169(2):147-52.

34. Alehin M.N., Bozh'ev A.M., Morozova Ju.A. et al. Stress echocardiography with dobutaminy in diagnostics of viability at patients with a myocardium revascularization. *Kardiologija* 2000;12:44–49. Russian (Алехин М.Н., Божьев А.М., Морозова Ю.А. и др. Стресс-эхокардиография с добутамином в диагностике жизнеспособности у больных с ревазуляризацией миокарда. *Кардиология* 2000;12:44–49).
35. Page B.J., Banas M.D., Suzuki G. et al. Revascularization of chronic hibernating myocardium stimulates myocyte proliferation and partially reverses chronic adaptations to ischemia. *J Am Coll Cardiol* 2015;65(7):684–697.
36. Vanoverschelde J.L., Wijns W., Depre C. et al. Mechanisms of chronic regional posts ischemic dysfunction in humans. New insights from the study of non-infarcted collateral-dependent myocardium. *Circulation* 1993;87:1513–1523.
37. Dispersyn G.D., Borgers M., Flameng W. Apoptosis in chronic hibernating myocardium: sleeping to death? *Cardiovasc. Res* 2000;45:696–703.
38. Sutton M., Sharpe N. Left ventricular remodeling after myocardial infarction. *Pathophysiology and therapy. Circulation* 2000;101:2981–2987.
39. Saidova M.A., Belenkov Ju.N., Akchurin R.S. The diagnostic value and predictive opportunities dobutamin stress echocardiography and a perfuzion scintigraphy of a myocardium in identification of a viable myocardium at patients with coronary heart disease with the expressed dysfunction of the left ventricle and selection of patients on a surgical revascularization. *Kardiologija* 1999;8:4–12. Russian (Саидова М.А., Беленков Ю.Н., Акчурин Р.С. Диагностическая ценность и прогностические возможности добутаминовой стресс-эхокардиографии и перфузионной скинтиграфии миокарда в выявлении жизнеспособного миокарда у больных ишемической болезнью сердца с выраженной дисфункцией левого желудочка и отборе пациентов на хирургическую ревазуляризацию. *Кардиология* 1999;8:4–12).
40. Vorozhцова I.N., Buhovec I.L., Bezljak V.V. et al. Comparison of results a stress echocardiography and scintigraphy of a myocardium with 99m-tekhnetriyl and test with sublingual intake of nitroglycerine in assessment of viability of a myocardium at patients with a postinfarction cardiosclerosis. *Patologija krovoobrashhenija i kardiokirurgija* 2001;3:15–20. Russian (Ворожцова И.Н., Буховец И.А., Безьяк В.В. и др. Сопоставление результатов стресс-эхокардиографии и скинтиграфии миокарда с 99m-технетрилом и пробе с сублингвальным приемом нитроглицерина в оценке жизнеспособности миокарда у больных с постинфарктным кардиосклерозом. *Патология кровообращения и кардиохирургия* 2001;3:15–20).
41. Shinkel A.F., Vax J.J., Poldermans D. et al. Hibernating myocardium: diagnosis and patient outcomes. *Curr Probl Cardiol* 2007;32:375–410.
42. Saurabh J., Scott D.F., Deborah H.K. Revascularization in heart failure in the post-STICH era. *Curr Heart Fail* 2013;10:365–372.
43. Allman K.C., Shaw L.J., Hachamovitch R., Udelson J.E. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a metaanalysis. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1151–1158.
44. Beanlands R.S. Nochol G., Huzsti E. et al. F-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging-assisted management of patients with severe left ventricular dysfunction and suspected coronary disease: a randomized, controlled trial (PARR-2). *J Am Coll Cardiol* 2007;50:2002–2012.
45. Pagano D., Townend J.N., Parums D.V. et al. Hibernating myocardium: morphological correlates of inotropic stimulation and glucose uptake. *Heart* 2000;84:456–461.
46. Bonow R.O., Maurer G., Lee K.R. et al. Myocardial viability and survival in ischemic left ventricular dysfunction. *N Engl J Med* 2011;364:1617–1625.
47. Velazquez E.J., Lee K.L., Jones R.H. et al. Coronary-artery bypass surgery in patients with left ventricular dysfunction. *N Engl J Med* 2011;364: 1607–1616.
48. Gerber B.L., Rousseau M.F., Ahn S.A. et al. Prognostic value of myocardial viability by delayed-enhanced magnetic resonance in patients with coronary artery disease and low ejection fraction: impact of revascularization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2012;59(9):825–835.
49. Ling L.H., Marvick T.H., Flores D.R. et al. Identification of therapeutic benefit from revascularization in patients with left ventricular systolic dysfunction: inducible ischemia versus hibernating myocardium. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013;6:363–372.
50. Kwon D.H., Hachamocitch R., Popovic Z.B. et al. Survival in patients with severe ischemic cardiomyopathy undergoing revascularization versus medical therapy: association with end-systolic volume and viability. *Circulation* 2012;126:3–8.
51. Windecker S., Kolh P., Alfonso F. et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J* 2014;35:2541–2619.
52. Nechaeva G.I., Fisun N.I., Druk I.V. et al. Comparative assessment of functional load tests in diagnosis of angina. *Serdce* 2006;7(2):91–97. Russian (Нечаева Г.И., Фисун Н.И., Друк И.В. и др. Сравнительная оценка функциональных нагрузочных проб в диагностике стенокардии. *Сердце* 2006;7(2):91–97).
53. Sajfullina G.B. Sadykov A.R., Ibatullin M.M. Role of ECG-synchronized one-photon issue computer tomography in scoping of surgical treatment of patients with the coronary heart disease with a postinfarction cardiosclerosis complicated by systolic dysfunction of the left ventricle. *Grudnaja i serdechno-sosudistaja hirurgija* 2014;1:32–40. Russian (Сайфулина Г.Б., Садыков А.Р., Ибатуллин М.М. Роль ЭКГ-синхронизированной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в определении объема хирургического лечения больных ишемической болезнью сердца с постинфарктным кардиосклерозом, осложненной систолической дисфункцией левого желудочка. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия* 2014;1:32–40).
54. Usov V.Ju., Arhangel'skij V.A., Fedorenko E.V. Assessment of viability of the injured myocardium at cardiac patients: comparison of opportunities of a magnetic and resonant and issue tomography. *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistyh zabolevanij* 2014;3:124–133. Russian (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).
55. Bokerija L.A., Aslanidi I.P., Shurupova I.V. et al. Value of a positron and issue tomography of a myocardium with 18F-FDG for the forecast of restoration of function of the left ventricle after a revascularization. *Grudnaja i serdechno-sosudistaja hirurgija* 2009;5:26–32. Russian (Бокерия Л.А., Асланиди И.П., Шурупова И.В. и др. Значение позитронно-эмиссионной томографии миокарда с 18F-ФДГ для прогноза восстановления функции левого желудочка после ревазуляризации. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия* 2009;5:26–32).
56. Ryzhkova D.V., Kostina I.S. Magnetic resonans and positron tomography of heart in forecasting of reversibility of local function of the left ventricle at patients with chronic occlusions of coronary arteries. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal* 2014;2(106):72–78. Russian (Рыжкова Д.В., Костина И.С. Магнитно-резонансная и позитронно-эмиссионная томография сердца в прогнозировании обратимости локальной функции левого желудочка у больных с хроническими окклюзиями коронарных артерий. *Российский кардиологический журнал* 2014;2(106):72–78).
57. Telen M. *Radiology methods of diagnosis of heart diseases. M.: MEDpress-inform, 2011. – 407 s.* Russian (Телен М. Лучевые методы диагностики болезней сердца. М.: МЕДпресс-информ, 2011. – 407 с).
58. Trufanov G.E., Rud' S.D., Zheleznyak S.E. *MRI in diagnosis of coronary heart disease: textbook. SPb.: JeLBI-SPb, 2012. – 63s.* Russian (Труфанов Г.Е., Рудь С.Д., Железняк С.Е. МРТ в диагностике ишемической болезни сердца: учеб. пособие. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2012. – 63с).

59. Buhovec I.L., Vorozhцова I.N., Lavrov A.G. Forecast of surgical and endovascular correction of coronary atherosclerosis. Tomsk, 2013. – 437s. Russian (Буховец И.Л., Ворожцова И.Н., Лавров А.Г. Прогноз хирургической и эндоваскулярной коррекции коронарного атеросклероза. Томск, 2013. – 437 с).
60. Tatarchenko I.P., Pozdnjakova N.V., Brill' G.E. et al. Myocardial revascularization in correction of electric instability of heart at patients with a postinfarction cardiosclerosis. *Kardiologija* 2011;51(10):21. Russian (Татарченко И.П., Позднякова Н.В., Бриль Г.Е. и др. Реваскуляризация миокарда в коррекции электрической нестабильности сердца у больных постинфарктным кардиосклерозом. *Кардиология* 2011;51(10):21).
61. Afridi I., Grayburn P.A., Panza J.A. et al. Myocardial viability during dobutamine echocardiography predicts survival in patients with coronary artery disease and severe left ventricular systolic dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:921–926.
62. Rjabova T.R., Sokolov A.A., Rjabov V.V. Opportunities a stress echocardiography at heart failure. *Serdechnaja nedostatochnost'* 2014;15(82):56–64. Russian (Рябова Т.Р., Соколов А.А., Рябов В.В. Возможности стресс-эхокардиографии при сердечной недостаточности. *Сердечная недостаточность* 2014;15(82):56–64).
63. Hickman M., Chelliah R., Burden L., Senior R. Resting myocardial blood flow, coronary flow reserve, and contractile reserve in hibernating myocardium: implications for using resting myocardial contrast echocardiography vs. dobutamine echocardiography for the detection of hibernating myocardium. *Eur J Echocardiogr* 2010;11(9):756–762.
64. Arai A.E. The cardiac magnetic resonance approach to assessing myocardial viability. *J Nucl Cardiol* 2011;18(6):1095–1102.
65. Kramer C.M., Schulz-Menger J., Bluemke D.A. et al. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols, society for cardiovascular magnetic resonance: board of trustees task force on standardized protocols. *J Cardiovasc Magn Reson* 2013;15(1):35.
66. Pennell D.J. Cardiovascular magnetic resonance. *Circulation* 2010;121:692–705.
67. Kokov A.N., Masenko V.L., Semenov S.E., Barbarash O.L. CMR in assessment of postinfarction changes and her role in definition of tactics of a revascularization of a myocardium. *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistykh zabolevanii* 2014;(3):97–102. Russian (Кокков А.Н., Масенко В.Л., Семенов С.Е., Барбараш О.Л. МРТ сердца в оценке постинфарктных изменений и ее роль в определении тактики реваскуляризации миокарда. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний* 2014;(3):97–102).
68. Calatano O., Moro G., Perotti M. et al. Late gadolinium enhancement by cardiovascular magnetic resonance is complementary to left ventricle ejection fraction in predicting prognosis of patients with stable coronary artery disease [Electronic resource]. *J Cardiovasc Magn Reson* 2012;14:URL: <http://www.jcmronline.com/content/14/1/29>.
69. West A.M., Kramer C.M. Cardiovascular magnetic resonance imaging of myocardial infarction, viability and cardiomyopathies. *Curr Probl Cardiol* 2010;35:176–220.
70. Boguneckij A.A. Possibilities of CMR with contrast strengthening in forecasting of postoperative dynamics at patients with CHD. *Rossijskij jelektronnyj zhurnal luchevoj diagnostiki* 2012;2(pril.1):85–86. Russian (Богунецкий А.А. Возможности МРТ сердца с контрастным усилением в прогнозировании послеоперационной динамики у пациентов с ИБС. *Российский электронный журнал лучевой диагностики* 2012;2(прил.1):85–86).
71. Dor V. Post myocardial infarction left ventricular dysfunction – assessment and follow up of patients undergoing surgical ventricular restoration by the endoventricular patchplasty. *Indian Heart J* 2013;65(3):357–358.
72. Bourantas C.V., Nikitin N.P., Loh H.P. et al. Prevalence of scarred and dysfunctional myocardium in patients with heart failure of ischemic origin: A cardiovascular magnetic resonance study. *J Cardiovasc Magn Reson* 2011;13:53.
73. Romero J., Xue X., Gonzales W. et al. CMR imaging assessing viability in patients with chronic ventricular dysfunction due to coronary artery disease: a meta-analysis of prospective trials. *JACC Cardiovasc Imaging* 2012;5(5):494–508.
74. 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;123:1509–1518.
75. Shelkovnikova T.A. The visual and quantitative analysis of a picture of the contrasted low-flow MRT of a myocardium at coronary arteries bypass graft. *Medicinskaja vizualizacija* 2011;3:16–24. Russian (Шелковникова Т.А. Визуальный и количественный анализ картины контрастированной низкопольной МРТ миокарда при аортокоронарном шунтировании. *Медицинская визуализация* 2011;3:16–24).
76. Wijns W., Kolh P., Danchin N. et al. Guidelines on Myocardial Revascularization. *Eur Heart J* 2010;31:2501–55.
77. Greenwood J.P., Maredia N., Younger J.F. et al. Cardiovascular Magnetic Resonance and Single-Photon Emission Computed Tomography for Diagnosis of Coronary Heart Disease (Ce-Marc): A Prospective Trial. *Lancet* 2012;379:453–6.
78. Chung S.Y., Lee K.Y., Chun E.J. et al. Comparison of Stress Perfusion MRI and SPECT for Detection of Myocardial Ischemia in Patients With Angiographically Proven Three-Vessel Coronary Artery Disease. *Am J Roentgenol* 2010;195(2):356–62.

Поступила 12.01.18 (Received 12.01.18)