

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА МРТ СЕРДЦА В ДИАГНОСТИКЕ ДИСФУНКЦИОНАЛЬНОГО МИОКАРДА

Я. К. Рустамова<sup>1</sup> ✉, Г. Г. Иманов<sup>2</sup>, В. А. Азизов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кафедра внутренних болезней №2, Азербайджанский медицинский университет, Баку, Азербайджан

<sup>2</sup>Кафедра внутренних болезней №1, Азербайджанский медицинский университет, Баку, Азербайджан

Эффективность метода МРТ сердца в диагностике дисфункционального миокарда в настоящее время до конца не изучена. Это обусловлено тем, что доказательная база основана преимущественно на наблюдательных исследованиях, которые отличаются разнородностью изучаемых групп по нозологическим формам, что не позволяет убедительно интерпретировать полученные результаты. Целью исследования была оценка эффективности методов визуализации дисфункционального миокарда у 144 пациентов, перенесших инфаркт миокарда и имеющих многососудистое поражение коронарного русла и сниженную фракцию выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ). Для визуальной оценки дисфункционального миокарда всем участникам исследования выполняли стресс-эхокардиографию и МРТ сердца. Критерии оценки эффективности диагностических методов включали: а) количество сегментов с нарушенной кинетикой; б) глубину поражения (индекс трансмуральности); в) объем контрастируемого миокарда в пределах сегмента. По результатам исследования, на одного пациента, в среднем, приходилось  $2,72 \pm 0,82$  сегмента с нарушенной кинетикой. При выполнении МРТ сердца выявлялось достоверно большее количество сегментов с нарушенной сократимостью. Средняя разница по количеству сегментов составила 63 сегмента (56; 82) при 95% ДИ,  $p < 0,01$ . Выявлено, что с увеличением индекса трансмуральности по толщине уменьшается количество сегментов с гипокинезом ( $r = -0,78$ ;  $p = 0,0314$ ) и увеличивается количество сегментов с акинезом ( $r = -0,84$ ;  $p = 0,0282$ ), что особенно важно учитывать при выборе тактики лечения таких пациентов. Можно предположить, что МРТ сердца является более эффективным и чувствительным методом диагностики дисфункционального миокарда и позволяет определять достоверно большее количество сегментов с нарушенной сократимостью, по сравнению с методом стресс-эхокардиографии. Методика отсроченного контрастирования позволяет оценить глубину и распространенность кардиального фиброза, что особенно важно учитывать при выборе стратегии лечения больных с дисфункциональным миокардом.

**Ключевые слова:** дисфункциональный миокард, МРТ сердца, стресс-эхокардиография с добутамином

✉ **Для корреспонденции:** Ясмин Кямрановна Рустамова  
Ул. Бакиханова, д. 23, г. Баку, Азербайджан, AZ1022; yasmin.rst@gmail.com

**Статья получена:** 16.01.2018 **Статья принята к печати:** 20.06.2018

**DOI:** 10.24075/vrgmu.2018.042

## EVALUATION OF CARDIAC MRI EFFICACY IN THE DIAGNOSIS OF HIBERNATING MYOCARDIUM

Rustamova YK<sup>1</sup> ✉, Imanov GG<sup>2</sup>, Azizov VA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Internal Diseases No 2, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

<sup>2</sup>Department of Internal Diseases No 1, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

The efficacy of cardiac MRI in the diagnosis of hibernating myocardium remains understudied. The existing body of evidence on this matter comes mainly from observational studies carried out in heterogenous (in terms of cardiac pathology) cohorts of patients, which complicates the interpretation of the results. The aim of our study was to evaluate the efficacy of cardiac imaging techniques in 144 patients with a history of myocardial infarction, multivessel coronary artery disease and a low ejection fraction of the left ventricle. All participants underwent stress echocardiography and cardiac MRI examinations. The following parameters were factored into: a) the number of identified segments with abnormal myocardial contractility; b) the transmural index (scar thickness); c) the volume of the viable myocardium relative to its total mass. The study revealed that on average there were  $2.72 \pm 0.82$  segments with contractile dysfunction per patient. Cardiac MRI was able to detect significantly more hibernating segments than stress echocardiography. On average, the difference in the number of detected segments was 36 (56; 86) at 95% CI and  $p < 0.01$ . We established that as the transmural index increases, the number of hypokinetic segments decreases ( $r = -0.78$ ;  $p = 0.0314$ ) while the number of akinetic segments ( $r = -0.84$ ;  $p = 0.0282$ ) goes up. This needs to be accounted for when selecting a treatment strategy for such patients. We conclude that cardiac MRI is a more effective and sensitive diagnostic technique in patients with hibernating myocardium that allows detecting significantly more cardiac segments with contractile dysfunction than stress echocardiography. Delayed contrast enhancement is instrumental in estimating the thickness and extent of cardiac fibrosis, the parameters that should be accounted for when deciding on the treatment strategy in such patients.

**Keywords:** hibernating myocardium, cardiac MRI, dobutamine stress echocardiography

✉ **Correspondence should be addressed:** Yasmin K. Rustamova  
Bakikhanova 23, Baku, Azerbaijan, AZ1022; yasmin.rst@gmail.com

**Received:** 16.01.2018 **Accepted:** 20.06.2018

**DOI:** 10.24075/brsmu.2018.042

Прогноз заболевания у больных с дисфункциональным миокардом после перенесенного инфаркта напрямую зависит от сроков выполнения и точности диагностических методов, которые применяются для этих целей. К таким методам можно отнести стресс-эхокардиографию с добутамином, однофотонную эмиссионную компьютерную томографию (ОЭКТ), позитронно-эмиссионную (ПЭТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ) [1].

ПЭТ обладает большой прогностической ценностью у пациентов с выраженной сердечной недостаточностью и низкой фракцией выброса. К особенностям ПЭТ наряду с ОЭКТ, следует отнести возможность коррекции ослабления фотонного излучения мягкими тканями и получения количественной оценки оборота меченых соединений. Благодаря высокой энергии позитронов высококачественные изображения удается получать даже у пациентов с избыточной массой тела [2].

Однако ряд недостатков этой методики препятствует ее широкому клиническому применению: прежде всего высокая стоимость, а также тот факт, 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.

Говоря о возможностях радионуклидных методов оценки состояния миокарда, таких как ОЭКТ, следует отметить, что они не позволяют достоверно дифференцировать 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 рутинно достигается при ультразвуковых, рентгеновских и магнитно-резонансных томографических исследованиях. При разрешении томографа 6 мм эти методики помогают сконцентрироваться на клинически значимых нарушениях перфузии и метаболизма. Тем не менее радионуклидные методы, в отличие от методов компьютерной томографии и МРТ, позволяют исследовать миокард только посегментно, а не послойно [3]. Кроме того, используемые в настоящее время радиофармпрепараты служат неспецифичными маркерами перфузии как для рубцовой, так и для жизнеспособной миокардиальной ткани.

Метод стресс-эхокардиографии с добутамином имеет относительно низкую себестоимость и прост в технике проведения по сравнению с другими способами визуализации сердца. Сопоставление результатов стресс-эхокардиографии с добутамином и ОЭКТ, полученных после успешной реваскуляризации, свидетельствует о примерно одинаковой чувствительности методов (74–100%). Однако специфичность радионуклидных методов ниже (40–55%) по сравнению со стресс-эхокардиографией (77–95%). В то же время при стресс-эхокардиографии обычно недооценивается степень жизнеспособности миокарда, которая выявляется радионуклидными методами [4–7].

С учетом того что при проведении стресс-эхокардиографии (определение жизнеспособности миокарда) и радионуклидных методов (оценка состояния мембран кардиомиоцитов) используются различные критерии, их можно рассматривать как взаимодополняющие методы, а в некоторых случаях целесообразно их совместное применение.

Методологической особенностью современной МРТ является сочетание полной безвредности метода с высоким пространственным разрешением получаемых изображений, что принципиально отличает МРТ от радионуклидных методов [8].

В настоящее время при выполнении МРТ используют протоколы как прямой синхронизации с ЭКГ визуализирующих процессов сокращения и расслабления миокарда, так и детальной пространственной визуализации анатомических особенностей миокарда вплоть до дифференцировки по различным его слоям и анатомическим составляющим [9]. Кроме того, имеется возможность количественно и качественно описать регионарную сократимость левого и правого желудочков, что свидетельствует о величине объема неповрежденной сердечной мышцы и служит важным прогностическим критерием течения ишемической болезни сердца (ИБС), особенно если речь идет о предстоящей реваскуляризации миокарда [10, 11].

Методика отсроченного контрастирования с помощью парамагнетиков позволяет получить представление о наличии фиброза и постинфарктных рубцов в миокарде, возникших вследствие ишемии, воспаления и дистрофии. Она хорошо подходит для визуальной оценки локализации, распространенности необратимо поврежденного и жизнеспособного миокарда при остром инфаркте и постинфарктном кардиосклерозе, а также для отслеживания динамики формирования рубца [12, 13].

За счет хорошего пространственного и временного разрешения МРТ сердца в настоящее время признается методом «золотого стандарта» в оценке глобальной сократительной функции ЛЖ, а также при выявлении локальных нарушений сократимости сердечной мышцы [14].

Однако, согласно действующим рекомендациям Европейского общества кардиологов по реваскуляризации миокарда 2014 г., современные визуализирующие методы с высоким пространственным разрешением, в том числе МРТ сердца, рекомендуются лишь для верификации ишемии миокарда у пациентов с умеренной прететстовой вероятностью выраженной ИБС (15–85%), а также объема рубцовой ткани и сократительного резерва. При этом отмечено, что в отношении определения жизнеспособности миокарда и прогнозирования степени восстановления сократимости стенки сердца диагностическая точность МРТ сопоставима с другими методами (ПЭТ, ОЭКТ, стресс-эхокардиография с добутамином) [15].

Следует отметить, что существующая доказательная база основана преимущественно на наблюдательных исследованиях и результатах мета-анализов, тогда как рандомизированные исследования по изучению данного вопроса проводились только для метода ПЭТ. Кроме того, описанные в настоящее время клинические исследования эффективности методики МРТ сердца различаются разнородностью изучаемых групп по нозологическим формам, что не позволяет убедительно интерпретировать полученные результаты.

Учитывая изложенное, представляется целесообразным проведение новых исследований, направленных на изучение эффективности современных методов визуализации дисфункционального миокарда и влияния их на выбор тактики лечения у однородной когорты пациентов.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили на клинических базах кафедры внутренних болезней № 2 Азербайджанского медицинского университета (г. Баку) и кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Российского университета дружбы народов (г. Москва).

Критерии включения: инфаркт миокарда в анамнезе; стенокардия II–III функционального класса (по Канадской классификации); многососудистое поражение коронарного русла по данным цифровой ангиографии (SYNTAXscore до 32 баллов); наличие сегментов с нарушенной локальной сократимостью миокарда левого желудочка; недостаточность кровообращения I–III функционального класса (по классификации NYHA); фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) менее 50%.

Критерии исключения: острый коронарный синдром; техническая невозможность проведения эндоваскулярного вмешательства; клаустрофобия; имплантированный электрокардиостимулятор/кардиовертер-дефибриллятор.

Всем больным выполняли коронарографию, по результатам которой было рекомендовано определение жизнеспособности миокарда в бассейнах окклюзированных артерий методом стресс-эхокардиографии с добутамином по стандартной методике.

Оценку локальной сократимости проводили по 4-бальной шкале 17-сегментарной модели с расчетом индекса нарушения региональной сократимости. Индекс рассчитывали как отношение суммы баллов нарушения локальной сократимости каждого сегмента левого желудочка к количеству анализируемых сегментов: нормокинез — 1 балл; гипокинез — 2 балла, акинез — 3 балла, дискинез — 4 балла.

Жизнеспособными считали сегменты с улучшением показателя локальной сократимости на 1 балл и более. Пробу считали отрицательной, если отсутствовал прирост систолического утолщения миокарда при малых дозах добутамина (5–10 мг/кг/мин) или ухудшалась сократимость миокарда на фоне введения больших доз (20–40 мг/кг/мин).

Для визуальной оценки дисфункционального миокарда всем пациентам, участвовавшим в исследовании, выполняли стресс-эхокардиографию и МРТ сердца с целью последующего анализа эффективности каждого из указанных методов.

Для оценки эффективности диагностических методов использовали следующие критерии: а) количество выявленных сегментов с нарушенной кинетикой; б) глубину поражения (индекс трансмуральности); в) определяемый объем жизнеспособного миокарда относительно общей массы миокарда.

МРТ сердца выполняли на томографе Magnetom Essenza (Siemens; Германия) с индукцией магнитного поля 1,5 Т, снабженного системой синхронизации с ЭКГ.

Все этапы сканирования выполняли при задержке пациентом дыхания на выдохе длительностью 6–12 с, в зависимости от типа применяемой импульсной последовательности. Внутривенную инъекцию контрастного вещества производили после получения ориентировочных срезов, серий киноизображений и T1-, T2-взвешенных изображений, необходимых для оценки морфологии сердца.

В качестве контрастирующего агента для выявления постинфарктных рубцовых изменений в отсроченную фазу применяли гадолиниевый парамагнитный контрастный препарат, который вводили ручным способом.

Спустя 10–15 мин после введения контрастного препарата в дозировке 2 мл 0,5 М раствора на 10 кг массы тела оценивали его накопление в миокарде как по толщине, так и по объему относительно миокарда в данном сегменте (соответственно расположению сегментов миокарда ЛЖ при эхокардиографии). Каждый кадр из серии изображений отличался от предыдущего по параметру времени инвертирующего импульса на 10 мс.

Изображения, полученные в режиме «инверсия–восстановление», также подвергали тщательному анализу на предмет определения локализации и распространенности постинфарктных рубцовых изменений. Они имели вид гипертензивных однородных участков задержки вымывания контрастного препарата с четкими контурами и типичной субэндокардиальной локализацией.

С помощью пакета прикладных программ CVI 42 (Circle), а также CAAS MRV, на срезах по короткой оси левого желудочка полуавтоматически оценивали геометрические показатели сердца (массу миокарда, объем ЛЖ), а также проводили детальную оценку сократимости миокарда ЛЖ, процентного содержания рубцовой ткани и жизнеспособного, не накопившего контраст, миокарда.

Оценивали индекс трансмуральности по толщине — соотношение максимальной толщины включения парамагнетика и толщины миокарда в данном сегменте, а также объем контрастируемого миокарда в пределах сегмента (%).

Статистический анализ результатов проводили с использованием пакета программ MS Statistica 10.0. Применяли методы дисперсионного, корреляционного,

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика пациентов

Показатель	n = 144	
	Абс.	%
Мужчин	96	66,7
Женщин	48	33,3
Средний возраст	58,4 ± 9,8	
Средняя длительность ПИКС, мес.	7,7 ± 3,3	
Стенокардия 2 ФК	52	36,1
Стенокардия 3 ФК	60	41,7
Стенокардия 4 ФК	32	22,2
Гипертоническая болезнь	108	75
Сахарный диабет 2 типа	32	22,2
Недостаточность кровообращения (NYHA)		
I ФК	19	13,2
II ФК	90	62,5
III ФК	35	24,3
Курение	76	52,8
Гиперхолестеринемия	98	68,1
ОНМК в анамнезе	12	8,3
Нарушения ритма и проводимости сердца	78	54,2

Примечание: ФК — функциональный класс, ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения.

Таблица 2. Ангиографическая характеристика пациентов

Тип поражения	n = 144	
	Абс.	%
Двухсосудистое поражение	48	33,3
Трехсосудистое поражение	56	38,9
Бифуркационные стенозы	28	19,4
Устьевые стенозы	12	8,3
Анатомическая характеристика		
Стеноз ПНА	70	48,6
Стеноз ОА	32	22,2
Стеноз ПКА	42	29,2

Примечание: ПНА — передняя нисходящая артерия; ОА — огибающая артерия; ПКА — правая коронарная артерия.

регрессионного, дискриминантного анализа и анализа сопряженности с использованием параметрических и непараметрических критериев. Для анализа сопряженности применяли критерий  $\chi^2$  Пирсона, а для множественного сравнения использовали F-критерий и критерий Ньюмена–Кейлса. Количественные признаки сравнивали с применением теста Манна–Уитни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всего в исследовании участвовали 144 пациента. Временной интервал от момента возникновения инфаркта миокарда (ИМ) до включения в исследование составлял от 3 до 18 месяцев (в среднем  $7,7 \pm 3,3$  месяца).

Клинико-демографическая и ангиографическая характеристика пациентов представлена в табл. 1 и 2.

Количество сегментов с нарушенной сократительной способностью, выявленных на этапе обследования пациентов, в зависимости от используемого метода диагностики представлено в табл. 3.

В среднем, на одного пациента пришлось  $2,72 \pm 0,82$  сегмента с нарушенной кинетикой. При выполнении МРТ сердца было выявлено достоверно большее количество сегментов с нарушенной сократимостью, при этом по количеству выявленных сегментов с гипокинезом и акинезом также получены достоверные различия по сравнению с методом стресс-эхокардиографии. Средняя разница по количеству сегментов составила 63 сегмента (56; 86) при 95% ДИ,  $p < 0,01$ .

При выполнении МРТ сердца с отсроченным контрастированием оценивали индекс трансмуральности по толщине и объем контрастируемого миокарда в пределах сегмента. В зависимости от полученных значений индекса пациенты были условно разделены на подгруппы: 0,3–0,4 — пациенты с субэндокардиальным типом накопления парамагнетика ( $n = 25$ ); 0,4–0,5 — с интрамуральным типом накопления (постинфарктный

фиброз) ( $n = 107$ ); более 0,5 — с трансмуральным типом ( $n = 12$ ).

По объему контрастирования миокарда в пределах сегмента (величина кардиосклероза в процентах) можно выделить следующие группы: 20–30% ( $n = 54$ ); 30–40% ( $n = 52$ ); 40–50% ( $n = 23$ ); более 50% ( $n = 12$ ).

В исследовании выявлена отрицательная корреляция между глубиной поражения миокарда и видом нарушения локальной сократимости (табл. 4). Так, с увеличением индекса трансмуральности по толщине уменьшается количество сегментов с гипокинезом ( $r = -0,78$ ;  $p = 0,0314$ ) и увеличивается количество сегментов с акинезом ( $r = -0,84$ ;  $p = 0,0282$ ), что особенно важно учитывать при выборе тактики лечения таких пациентов.

Следует отметить, что нами не выявлена корреляция между величиной кардиосклероза (объемом контрастируемого миокарда в пределах сегмента) и показателями глобальной сократимости миокарда (табл. 5), в связи с чем, можно полагать, что величина (объем) кардиосклероза не влияет на показатели глобальной сократимости.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Величина кардиосклероза у больных, перенесших инфаркт миокарда, служит объективным прогностическим критерием, особенно когда речь идет о предстоящей операции реваскуляризации миокарда и о вероятности улучшения состояния пациента после хирургического вмешательства [10].

При определении тактики реваскуляризации учитываются и постинфарктные структурные изменения миокарда в виде формирования аневризмы желудочка и пристеночного тромба, что также позволяет определиться с решением вопроса о целесообразности вмешательства на коронарных артериях. Нет смысла восстанавливать кровотоки в зоне обширного постинфарктного рубца, который не будет функционировать. Вместе с тем

Таблица 3. Количество сегментов с нарушенной локальной сократимостью

Вид нарушения локальной кинетики	Количество сегментов		Количество несовпадений	p
	МРТ сердца	Стресс-эхокардиография		
Гипокинез	224	186	38	0,002
Акинез	175	154	21	0,024
Дискинез	6	8	2	0,322
Всего:	405	348	61	0,017

Примечание: при  $p < 0,05$  — показатели различаются достоверно.

Таблица 4. Корреляционный анализ глубины поражения миокарда и нарушения локальной сократимости

Вид нарушения сократимости	Величина индекса трансмуральности по толщине			p
	0,3–0,4 ( $n = 25$ )	0,4–0,5 ( $n = 107$ )	более 0,5 ( $n = 12$ )	
Гипокинез <sup>1</sup>	65	142	17	0,0314
Акинез <sup>2</sup>	8	169	28	0,0282

Примечание:  $r^1 = -0,78$ ;  $r^2 = -0,84$ .

Таблица 5. Корреляционный анализ величины кардиосклероза (%) и показателей глобальной сократительной функции миокарда

Показатели глобальной сократимости миокарда	Объем контрастируемого миокарда в пределах сегмента (%)				p
	20–30 ( $n = 54$ )	30–40 ( $n = 52$ )	40–50 ( $n = 23$ )	более 50 ( $n = 12$ )	
КДО (мл)	$149,2 \pm 3,7$	$146,4 \pm 3,2$	$150,8 \pm 3,3$	$154,2 \pm 3,8$	0,632
КСО (мл)	$71,4 \pm 0,9$	$68,2 \pm 0,7$	$68,8 \pm 0,8$	$64,8 \pm 0,8$	0,824

Примечание: для КДО  $r = 0,01$ ; для КСО  $r = 0,01$ .

необходимо определить объем миокарда, который с большой долей вероятности после реваскуляризации восстановит свою сократительную функцию [13, 15].

Несмотря на относительную безопасность, а также высокую информативность, получаемую при оценке морфофункциональных параметров сердца и структурных изменений миокарда, метод МРТ сердца не нашел широкого применения и до настоящего времени является лишь дополнительным методом для определения стратегии и тактики реваскуляризации при сложных спорных ситуациях.

В представленном исследовании анализировали результаты визуализации дисфункционального миокарда с помощью двух современных информативных методов — стресс-эхокардиографии и МРТ сердца у одной когорты пациентов, перенесших инфаркт миокарда, которым своевременно не была выполнена реваскуляризация симптом-связанной артерии и имеющих многососудистое поражение коронарного русла на фоне снижения глобальной сократительной способности миокарда.

Полученные данные о глубине и распространенности кардиосклероза позволили провести корреляционный анализ с видами нарушения кинетики миокарда и показателями глобальной сократительной способности. Указанные показатели диагностики чрезвычайно важны для определения их на этапе обследования и подготовки

больного к хирургической реваскуляризации миокарда, так как позволяют выбрать оптимальную стратегию лечения больных с дисфункциональным миокардом.

## Выводы

МРТ-сердца является эффективным и чувствительным методом диагностики дисфункционального миокарда и позволяет определять достоверно большее количество сегментов с нарушенной сократимостью, по сравнению с методом стресс-эхокардиографии. Методика отсроченного контрастирования позволяет оценить глубину и распространенность кардиосклероза, визуализировать нетрансмуральное повреждение миокарда, порой весьма деликатное, до 2–3 мм в толщину субэндокардиально, что невозможно определить при выполнении стресс-эхокардиографии. Выявленная отрицательная корреляция между глубиной поражения миокарда и видом нарушения локальной сократимости показывает, что с увеличением индекса трансмуральности по толщине уменьшается количество сегментов с гипокинезом и увеличивается количество сегментов с акинезом. При этом взаимосвязи между величиной кардиосклероза (объемом контрастируемого миокарда в пределах сегмента) и показателями глобальной сократимости миокарда (конечно-диастолический и конечно-систолический объемы) не обнаружено.

## Литература

1. Kwon DH, Hachamocitch R, Popovic ZB. 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.
2. 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): 72–8.
3. Camici PG, Kumak SP, Rimoldi OE. Stunning, Hibernating and Assessment of Myocardial Viability. *Circulation*. 2008; (117): 103–14.
4. Nagel E, Schuster A. Shortening without contraction: new insights into hibernating myocardium. *J Am Coll Cardiol Img*. 2010; (3): 731–33.
5. Алехин М. Н., Божьев А. М., Морозова Ю. А. и др. Стресс-эхокардиография с добутамином в диагностике жизнеспособности у больных с реваскуляризацией миокарда. *Кардиология*. 2000; (12): 44–9.
6. Ling LH, Marvick TH, Flores DR, 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): 363–72.
7. 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): 756–62.
8. 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): 124–33.
9. Arai AE. The cardiac magnetic resonance approach to assessing myocardial viability. *J Nucl Cardiol*. 2011; 18 (6): 1095–102.
10. Труфанов Г. Е., Рудь С. Д., Железняк С. Е. МРТ в диагностике ишемической болезни сердца: учебное пособие. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2012. 63 с.
11. Коков 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.
12. Pennell DJ. Cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2010; (121): 692–705.
13. West AM, Kramer CM. Cardiovascular magnetic resonance imaging of myocardial infarction, viability and cardiomyopathies. *Curr Probl Cardiol*. 2010; (35): 176–220.
14. Windecker S, Kolh P, Alfonso F, et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2014; (35): 2541–619.
15. Kramer CM, Schulz-Menger J, Bluemke DA. et al. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols, society for cardiovascular magnetic resonance: board of trustee's task force on standardized protocols. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013; 15 (1): 35.

## References

1. Kwon DH, Hachamocitch R, Popovic ZB. 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.
2. Ryzhkova DV, Kostina IS. Magnitno-rezonansnaja i pozitronno-jejmisionnaja tomografija serdca v prognozirovanii obratimosti lokal'noj funkcii levogo zheludochka u bol'nyh s hronicheskimi okkluzijami koronarnyh arterij. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal*.

- 2014; 2 (106): 72–8.
3. Camici PG, Kumak SP, Rimoldi OE. Stunning, Hibernating and Assessment of Myocardial Viability. *Circulation*. 2008; (117): 103–14.
  4. Nagel E, Schuster A. Shortening without contraction: new insights into hibernating myocardium. *J Am Coll Cardiol Img*. 2010; (3): 731–33.
  5. Alehin MN, Bozhev AM, Morozova JuA i dr. Stress-jehokardiografija s dobutaminom v diagnostike zhiznesposobnosti u bol'nyh s revaskularizaciej miokarda. *Kardiologija*. 2000; (12): 44–9.
  6. Ling LH, Marvick TH, Flores DR, 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): 363–72.
  7. 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; (119): 756–62.
  8. Usov VJu, Arhangel'skij VA, Fedorenko EV. Ocenka zhiznesposobnosti povrezhdennogo miokarda u kardiohirurgicheskikh bol'nyh: sravnenie vozmozhnostej magnitno-rezonansnoj i jemissionnoj tomografii. *Kompleksnyye problemy serdechno – sosudistyh zabolevanij*. 2014; (3): 124–33.
  9. Arai AE. The cardiac magnetic resonance approach to assessing myocardial viability. *J Nucl Cardiol*. 2011; 18 (6): 1095–102.
  10. Trufanov GE, Rud SD, Zheleznyak SE. MRT v diagnostike ishemiceskoy bolezni serdca: uchebnoe posobie. SPb.: ELBI-SPb; 2012. 63 s.
  11. Kokov A. N., Masenko V. L., Semenov S. E., Barbarash O. L. MRT serdca v ocenke postinfarktnyh izmenenij i ee rol' v opredelenii taktiki revaskularizacii miokarda. *Kompleksnyye problemy serdechno-sosudistyh zabolevanij*. 2014; (3): 97–102.
  12. Pennell DJ. Cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2010; (121): 692–705.
  13. West AM, Kramer CM. Cardiovascular magnetic resonance imaging of myocardial infarction, viability and cardiomyopathies. *Curr Probl Cardiol*. 2010; (35): 176–220.
  14. Windecker S, Kolh P, Alfonso F, et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2014; (35): 2541–619.
  15. Kramer CM, Schulz-Menger J, Bluemke DA. et al. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols, society for cardiovascular magnetic resonance: board of trustee's task force on standardized protocols. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013; 15 (1): 35.