

МРТ сердца с контрастным усилением: роль оценки показателей сократительной функции и доли жизнеспособного миокарда левого желудочка в прогнозировании послеоперационной динамики у больных с ишемической кардиомиопатией

Богунецкий А.А., Александрова Е.А., Усов В.Ю., Шипулин В.М.

ФГБНУ «НИИ кардиологии», Томск, Россия

Delayed Enhancement Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging: the Role of Assessment of Contractile Function and Myocardial Viability of the Left Ventricle in Predicting Postoperative Dynamics in Patients with Ischemic Cardiomyopathy

Bogunetsky A.A., Aleksandrova E.A., Usov V.Yu., Shipulin V.M.

Research Institute of Cardiology, Tomsk, Russia

Цель исследования: определить возможности МРТ сердца с контрастированием в прогнозировании динамики ИБС после реваскуляризации у пациентов с ишемической кардиомиопатией (ИКМП) путем дооперационной оценки морфологического и функционального состояния ЛЖ.

Материал и методы. Обследовано 28 человек с ИКМП. При спiroveloergometriи выделено две группы пациентов с улучшением и ухудшением функции ЛЖ после реваскуляризации. До операции больным провели МРТ сердца с подсчетом КДО и КСО ЛЖ и доли жизнеспособного миокарда ЛЖ. Сравнивались значения данных показателей в группах. Объединенное влияние функциональных показателей и доли жизнеспособного миокарда ЛЖ на послеоперационный прогноз прослеживалось путем мультифакторного дискриминантного анализа.

Результаты. При дооперационном значении КДО ЛЖ до 192 (186; 275) мл, КСО ЛЖ до 136 (124; 188) мл и количестве жизнеспособного миокарда более 67 (59; 73)% массы ЛЖ через год после реваскуляризации отмечалась положительная динамика. При КДО более 244 (209; 282) мл, КСО более 187 (156; 215) мл и содержании жизнеспособного миокарда менее 58 (52; 72) % массы ЛЖ можно предполагать выраженное ремоделирование и малые резервные возможности миокарда для улучшения функции ЛЖ после АКШ. Формула дискриминантного анализа: $Z = 0,56 \cdot X(\text{КДО}) + 0,47 \cdot X(\text{КСО}) -$

$0,54 \cdot X(\text{viab.})$ позволяет рассчитать индекс прогноза Z и получить информацию о типе динамики ИБС после реваскуляризации.

Выводы. С помощью МРТ сердца с контрастированием определены критерии оценки морфофункционального состояния ЛЖ у больных с ИКМП, позволяющие на дооперационном этапе обследования оценить резервные возможности миокарда и спрогнозировать характер течения ИБС после реваскуляризации.

Ключевые слова: МРТ, сердце, ишемическая кардиомиопатия, прогноз.

Aim. Identify opportunities for cardiac MRI with contrast in predicting the dynamics of coronary artery disease after revascularization with pre-operative assessment morphological and functional state of LV in patients with ischemic cardiomyopathy (ICM).

Material and methods. The study involved 28 people with ICM. After spiroveloergometry formed two groups of patients with improvement and deterioration of left ventricular function after revascularization. Before surgery, patients underwent MRI of the heart with the calculation of LV EDV and ESV and the proportion of viable LV myocardium. Comparing the values of these parameters in groups. Combined effects of functional performance and the percentage of viable myocardium in the postoperative prognosis LV estimates of multivariate discriminant analysis.



Results. When the value of preoperative LV EDV 192 (186; 275) ml, LV ESV to 136 (124; 188) ml and the number of viable myocardium over 67 (59; 73) % LV mass a year after cardiovascular surgery should expect positive dynamics. When LV EDV more than 244 (209; 282) ml, LV ESV more than 187 (156; 215) ml and a content of less than viable myocardium 58 (52; 72) % in LV mass may imply the expression of remodeling and small opportunities myocardial reserve improve left ventricular function after cardiovascular surgery. Discriminant analysis formula $Z = 0.56 \cdot X(\text{EDV}) + 0.47 \cdot X(\text{ESV}) - 0.54 \cdot X(\text{viab.})$ allows the calculation of index prediction Z, and get information about the type of dynamics of ICM after revascularization.

Conclusions. With the help of cardiac MRI with contrast agent defined criteria for evaluating the state of LV morphology and function in patients with ICM, allowing preoperative examination to assess the possibility of myocardial reserve and predict the nature of ICM after revascularization.

Key words: cardiovascular MRI, ischemic cardiomyopathy, prediction.

Введение

Ишемическая кардиомиопатия (ИКМП) представляет собой одну из финальных форм ишемической болезни сердца (ИБС) [1, 2], характеризующуюся комплексом диффузных морфофункциональных изменений миокарда вследствие хронической и эпизодов острой ишемии, основными проявлениями которой являются дилатация камер сердца и симптомокомплекс хронической сердечной недостаточности (ХСН) [2, 3].

Для ИКМП, как и для других тяжелых форм ИБС, характерен процесс ремоделирования левого желудочка (ЛЖ), заключающийся в растяжении миокарда как в области некроза, так и в проекции жизнеспособной перинфарктной зоны [2]. В процессе истончения тонус сердечной мышцы снижается. Происходит расширение полости ЛЖ, и срабатывает механизм Франка–Старлинга, благодаря которому до периода декомпенсации поддерживается нормальный ударный объем сердца. Наряду с этим происходит гипертрофия ишемически поврежденного миокарда ЛЖ [1, 2].

Диагностика жизнеспособного миокарда и оценка общей сократимости ЛЖ у больных тяжелыми формами ИБС, является важными аспектами врачебной тактики не только в плане получения информации о морфофункциональном состоянии сердца. Получаемая информация имеет большое значение и в решении вопроса о тактике лечения пациента, в частности, о необходимости проведения операции реваскуляризации [4]. В таком случае актуальным является определение критериев оценки состояния миокарда, позволяющих на дооперационном этапе обследования судить о степени выраженности постинфарктного ремоделирования и резервных возможностях ЛЖ, на основании чего можно спрогнозировать тот или иной вариант течения периода после операции реваскуляризации (положительную либо отрицательную динамику ИБС).

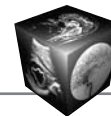
МРТ сердца с контрастным усилением представляет собой универсальный метод визуализации, позволяющий оценить морфологическое и функциональное состояние ЛЖ у пациентов с ИБС в течение одного исследования [5–7]. Импульсная последовательность SSFP обеспечивает получение динамических изображений в режиме “кино” с высоким пространственным и временным разрешением, что делает возможной четкую визуализацию внутренних эндокардиальных границ миокарда, а следовательно, дает высокую точность в расчете показателей глобальной сократительной функции ЛЖ [8, 9]. Кроме того, режим “инверсия–восстановление” в сочетании с методикой отсроченного контрастирования позволяет получать изображения сердца, характеризующиеся высокой контрастностью между интактным миокардом и областями его необратимого ишемического повреждения за счет задержки вымывания контрастного препарата в зоне инфаркта [8, 9]. Это дает возможность легко дифференцировать жизнеспособный миокард и постинфарктный рубец [8, 9].

Для корреспонденции: Богунецкий Антон Александрович – 634012 Россия, Томск, ул. Киевская, 111а, ФГБНУ “НИИ кардиологии”. Тел. 8-3822-55-43-74, 8-923-404-41-77 (моб.). E-mail: mr.x-ray@sibmail.com

Богунецкий Антон Александрович – аспирант отделения рентгеновских и томографических методов диагностики ФГБНУ “НИИ кардиологии”, Томск; **Александрова Екатерина Александровна** – аспирант отделения сердечно-сосудистой хирургии ФГБНУ “НИИ кардиологии”, Томск; **Усов Владимир Юрьевич** – доктор мед. наук, профессор, руководитель отделения рентгеновских и томографических методов диагностики ФГБНУ “НИИ кардиологии”, Томск; **Шипулин Владимир Митрофанович** – доктор мед. наук, профессор, руководитель отделения сердечно-сосудистой хирургии ФГБНУ “НИИ кардиологии”, Томск.

Contact: Bogunetsky Anton Aleksandrovich – Kievskaya str., 111a, Tomsk, Russia, 634012. Research Institute of Cardiology. Phone: 8-3822-55-43-74, 8-923-404-41-77 (mob.). E-mail: mr.x-ray@sibmail.com

Bogunetsky Anton Aleksandrovich – graduate student of the department of X-ray and tomographic diagnostic methods of Research Institute of Cardiology, Tomsk; **Aleksandrova Ekaterina Aleksandrovna** – graduate student of Cardiovascular Surgery department of Research Institute of Cardiology, Tomsk; **Usov Vladimir Yurevich** – doct. of med. sci., professor, chairman of the department of X-ray and tomographic diagnostic methods of Research Institute of Cardiology, Tomsk; **Shipulin Vladimir Mitrofanovich** – doct. of med. sci., professor, chairman of the department of Cardiovascular Surgery of Research Institute of Cardiology, Tomsk.



Цель исследования

Определить возможности МРТ сердца с отсроченным контрастированием в прогнозировании динамики ИБС после реваскуляризирующего хирургического вмешательства у пациентов с ИКМП путем дооперационной оценки морфологического и функционального состояния миокарда ЛЖ.

Материал и методы

В исследование было включено 28 мужчин с ИКМП (средний возраст $52,0 \pm 1,3$ года). До реваскуляризирующего кардиохирургического вмешательства пациенты прошли спировелозергометрическое исследование с определением количества потребляемого кислорода во время физической нагрузки, на основании чего выявлялся класс сердечной недостаточности. Данная диагностическая процедура проводилась и в послеоперационный период через год после реваскуляризации с целью оценки динамики состояния пациентов (положительной или отрицательной) также на основании принадлежности к определенному классу сердечной недостаточности. Выделено две группы пациентов: с улучшением и ухудшением функционального состояния ЛЖ через полгода после кардиохирургического вмешательства.

Также на дооперационном этапе всем обследуемым была проведена МРТ сердца с контрастным усилением. С помощью импульсной последовательности SSFP были получены функциональные изображения миокарда в режиме "кино". Последовательность "инверсия-восстановление" с применением методики отсроченного контрастирования дала возможность получить томограммы сердца с визуализацией постинфарктных рубцовых изменений, которые имели вид субэндокардиально расположенных однородных участков задержки вымывания контрастного препарата высокой интенсивности с четкими внешними контурами. Далее следовала обработка полученных серий изображений с использованием пакета программного обеспечения "Segment" (<http://segment.heiberg.se>). Полуавтоматически была произведена оценка глобальной сократительной функции ЛЖ, в частности определены величины конечного систологического и конечного диастолического объемов (КСО и КДО) ЛЖ, подсчитан процент жизнеспособного (не накопившего контрастный препарат) миокарда от общей массы ЛЖ. На следующем этапе работы у предварительно выявленных групп пациентов с улучшением и ухудшением послеоперационной динамики проводилось сравнение полученных значений показателей КСО (в мл), КДО (в мл) и жизнеспособного миокарда (в %).

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета прикладных программ Statistica 10. Учитывая, что выборка пациентов была небольшой ($n = 28$ и в каждой группе по 14 человек), для проверки нормальности распределения значений показателей использовался W-критерий Шапиро–Уилка. При этом величины достигнутого уровня значимости p по показателям КСО, КДО ЛЖ и жизнеспособности миокарда в группах с улучшением и ухудшением функционального состояния составили менее 0,05, что свидетельствовало о распределении, отличном от нормального.

Поскольку две группы, сравниваемые по показателям КДО, КСО и жизнеспособности миокарда ЛЖ, являлись независимыми с ненормальным распределением значений, то для выявления статистически значимой разницы между ними был выбран U-тест Манна–Уитни (Mann–Whitney U-test) [10], при этом $p < 0,05$. Описание количественных величин осуществлялось с помощью медианы (Me) и интерквартильного размаха (нижний Q1 и верхний Q2 квартиль) [10].

Также было проведено исследование объединенного влияния показателей глобальной сократительной функции и доли жизнеспособного миокарда ЛЖ на послеоперационный прогноз. С этой целью был применен многомерный (мультифакторный) дискриминантный анализ. Общая формула дискриминантной функции имеет следующий общий вид:

$$Z = \sum_i a_i \cdot X_i,$$

где Z – индекс прогноза послеоперационной динамики; a_i – дискриминантный коэффициент какого-либо из рассматриваемых показателей; X_i – числовое значение данного показателя у конкретного пациента (КДО, КСО, доли жизнеспособного миокарда). В свою очередь значения коэффициента a_i для КДО, КСО ЛЖ и жизнеспособного миокарда были рассчитаны как:

$$a_i = \frac{\bar{X}_{A_i} - \bar{X}_{B_i}}{\sigma_i}.$$

Общая ошибка среднего:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_k (X_{A_{ik}} - \bar{X}_{A_i})^2 + \sum_k (X_{B_{ik}} - \bar{X}_{B_i})^2}{N_A + N_B - 2},$$

где $X_{A_{ik}}$ – значения i -го МР-показателя у конкретного пациента из группы с ухудшением состояния после реваскуляризирующего вмешательства; $\bar{X}_{A_i}$ – среднее значение i -го МР-показателя в группе с зафиксированной отрицательной послеопе-



Таблица 1. Значения дооперационных показателей КДО, КСО и процентного содержания жизнеспособного миокарда ЛЖ у обследуемых групп пациентов с ИКМП по данным МРТ с контрастированием

МР-показатель	Группа пациентов с положительной послеоперационной динамикой (n = 14)	Группа пациентов с отрицательной послеоперационной динамикой (n = 14)	Mann–Whitney U-test
КДО, мл	192 (186; 275)	244 (209; 282,5)	p < 0,05
КСО, мл	136,5 (124,5; 188,5)	187 (156,5; 215)	p < 0,05
Жизнеспособность миокарда, %	67 (59,5; 73)	58 (52; 72,5)	p < 0,05

рационной динамикой; X_{B_i} – значения i-го МР-показателя у конкретного пациента из группы с положительной послеоперационной динамикой; $\bar{X}_{B_i}$ – среднее данного i-го МР-показателя в группе пациентов с улучшением функционального состояния по данным спировелоэргометрии; N_A – число пациентов в группе с отрицательной послеоперационной динамикой; N_B – число пациентов в группе с благоприятным течением послеоперационного периода по данным спировелоэргометрии.

Результаты и их обсуждение

Группы пациентов с улучшением и ухудшением функционального состояния ЛЖ, выделенные спустя год после операции реваскуляризации на основании результатов спировелоэргометрического исследования, различались и по результатам МРТ сердца с контрастным усилением. Установлено, что показатели КСО и КДО, а также процентного содержания жизнеспособного миокарда, рассчитанные при МРТ, можно рассматривать на дооперационном этапе обследования как предикторы возможной отрицательной динамики в протекании ИБС, осложненной ИКМП, в ближайший год после оперативного вмешательства на коронарных артериях (табл. 1).

Видно, что значения глобальной сократительной функции ЛЖ по данным МРТ у пациентов с ухудшением послеоперационной динамики существенно превышают таковые у больных с улучшением функционального состояния. Также прослеживается отличие и в отношении показателя процентного содержания жизнеспособного миокарда у сравниваемых групп пациентов: у больных с отрицательной послеоперационной динамикой

Таблица 2. Значения дискриминантных коэффициентов (A) и ошибок среднего (σ) для дооперационных МР-показателей КДО, КСО и жизнеспособного миокарда ЛЖ у сравниваемых групп пациентов

МР-показатель	σ	A
КДО ЛЖ	58,7	0,56
КСО ЛЖ	55,4	0,47
Жизнеспособность миокарда ЛЖ	13	–0,54

определялась меньшая доля неповрежденного миокарда ЛЖ по сравнению с пациентами с улучшением функционального состояния. Значимость этих различий была статистически подтверждена. Таким образом, с помощью МРТ в период до кардиохирургического вмешательства по величине показателей ремоделирования и морфологических изменений миокарда ЛЖ у пациентов с ИКМП можно судить о возможном варианте послеоперационной динамики (рис. 1, 2).

Для того, чтобы охарактеризовать суммарное влияние значений показателей КДО, КСО и процентного содержания жизнеспособного миокарда на послеоперационный прогноз у больных с ИКМП, был применен многофакторный дискриминантный анализ (табл. 2).

Общая формула для вычисления дискриминантной функции прогноза течения периода после реваскуляризации имела вид:

$$Z = a(\text{КДО}) \cdot X(\text{КДО}) + a(\text{КСО}) \cdot X(\text{КСО}) + a(\text{viab.}) \cdot X(\text{viab.}),$$

где a – дискриминантные коэффициенты для показателей КДО, КСО и жизнеспособного миокарда (viab.) ЛЖ; X – значения КДО, КСО и процентного содержания жизнеспособного миокарда ЛЖ для конкретного пациента.

Таким образом, рабочая формула для прогнозирования послеоперационной динамики у больных с ИКМП приняла вид:

$$Z = 0,56 \cdot X(\text{КДО}) + 0,47 \cdot X(\text{КСО}) - 0,54 \cdot X(\text{viab.})$$

Путем подстановки значений показателей КДО, КСО и жизнеспособного миокарда ЛЖ в полученную рабочую формулу были определены значения дискриминантной функции Z для каждого пациента, прошедшего МР-исследование сердца с контрастированием. На рис. 3 видно, что при значениях индекса Z более 149 вероятность ухудшения функционального состояния ЛЖ в ближайший год после реваскуляризирующего вмешательства у пациентов с ИКМП увеличивается.

Влияние объема оставшегося после инфаркта жизнеспособного миокарда на характер послеоперационной динамики неоднократно изучалось.

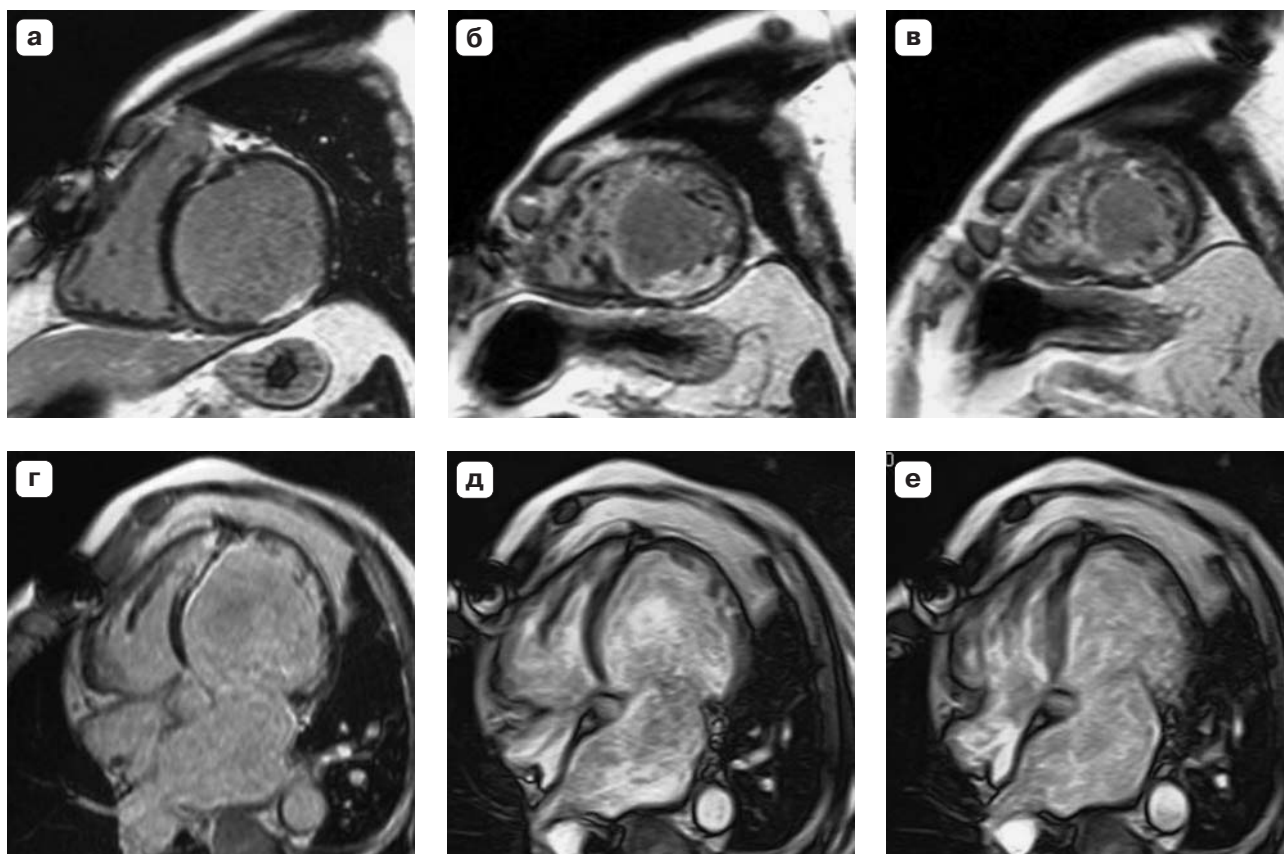
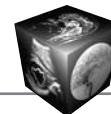


Рис. 1. Серия МР-томограмм сердца с контрастным усилением пациента с отрицательной динамикой течения ИБС спустя год после реваскуляризации по данным спировелозергометрии. а–в – изображения в режиме “инверсия–восстановление” на уровне базального, среднего и апикального отделов ЛЖ соответственно; г – четырехкамерная проекция в режиме “инверсия–восстановление”. Определяются субэндокардиально расположенные участки задержки вымывания контрастного препарата высокой интенсивности по типу постифарктных рубцовых изменений преимущественно на протяжении задних и заднебоковых, а также перегородочных сегментов апикального, среднего и, частично, базального отделов ЛЖ; д, е – функциональные изображения сердца в четырехкамерной проекции в режиме SSFP. Камеры сердца значительно дилатированы, миокард истончен; в сокращении участвуют преимущественно базальные отделы межжелудочковой перегородки и боковой стенки ЛЖ.

Было проведено несколько исследований обсервационного характера, в частности D. Eitzman и соавт. [11], K.C. Allman и соавт. [12], а также J.M. Bourque и соавт. [13], свидетельствовавших об улучшении показателей выживаемости после реваскуляризации при наличии диагностированного жизнеспособного миокарда. Также этому вопросу был посвящен один из разделов более крупного исследования STICH (Surgical Treatment for Ischemic Heart failure), который тоже носил обсервационный и нерандомизированный характер [14]. Однако его результаты, по мнению некоторых авторов, были неоднозначны [15], что привело к дальнейшей полемике, а не к окончательному ответу относительно роли определения жизнеспособности миокарда до проведения реваскуляризации. Внедрение в клиническую практику таких методов визуализации, как ПЭТ и МРТ с контра-

тированием, создало условия для более точного определения жизнеспособного миокарда [16]. B.L. Gerber и соавт. [17] в своем наблюдательном исследовании использовали в качестве критерия жизнеспособности дисфункцирующего сегмента толщину включения контрастного препарата $\leq 50\%$ миокарда. Достаточным для благоприятного послеоперационного прогноза у больных с ИКМП считалось наличие по крайней мере четырех сегментов с такими характеристиками.

Рассматриваемые в настоящем исследовании понятия жизнеспособности и функционального состояния миокарда являются не только определяющими в диагностике ИКМП, но также тесно взаимосвязаны между собой. Чем более распространены будут рубцовые изменения сердечной мышцы после перенесенного инфаркта, тем меньшей будет доля неповрежденного, жизнеспособ-

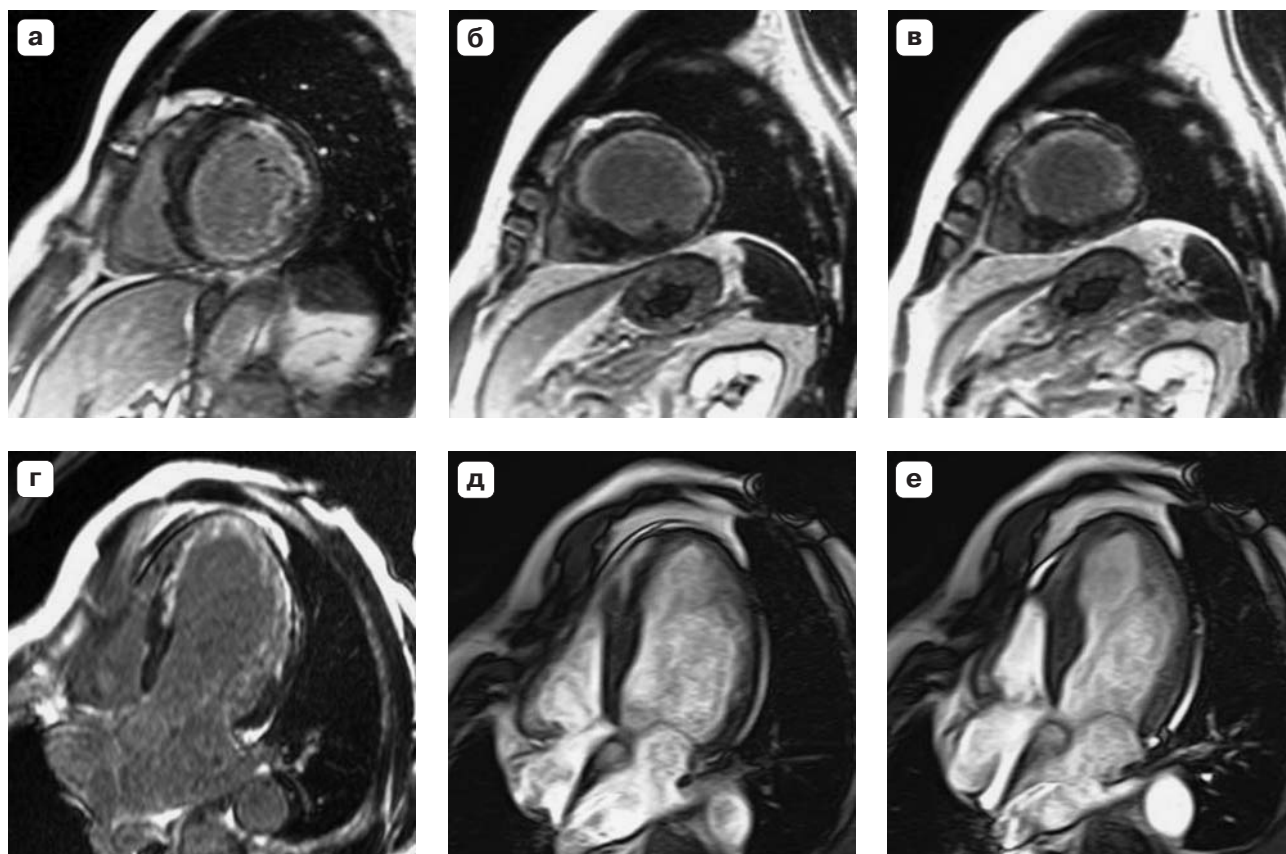


Рис. 2. Серия МР-томограмм сердца с контрастным усилением пациента с положительной динамикой течения ИБС спустя год после реваскуляризации по данным спировелоэргометрии. а–в – изображения в режиме “инверсия–восстановление” на уровне базального, среднего и апикального отделов ЛЖ соответственно; г – четырехкамерная проекция в режиме “инверсия–восстановление”. Определяются субэндокардиально расположенные участки задержки вымывания контрастного препарата высокой интенсивности по типу постифарктных рубцовых изменений преимущественно на протяжении перегородочных, передних и боковых сегментов апикального, среднего и, частично, базального отделов ЛЖ, а также в области заднего базального сегмента; д, е – функциональные изображения сердца в четырехкамерной проекции в режиме SSFP. Камеры сердца без выраженной дилатации. В сокращении участвуют как базальный, так и средний отделы ЛЖ (гипокинез).

собного миокарда, а следовательно, тем более выраженным и интенсивно прогрессирующим будет снижение сократительной функции ЛЖ сердца и менее благоприятным послеоперационный прогноз. Выявление жизнеспособного миокарда в настоящем исследовании основывалось на подсчете его процентного содержания от общей массы миокарда ЛЖ. Такая методика оказалась достаточно удобной в связи с тем, что при ИКМП, в большинстве случаев, имеют место многочисленные, разные по степени трансмуральности постинфарктные рубцы, которые могут относиться к зонам кровоснабжения нескольких коронарных артерий. Поэтому информация лишь о толщине жизнеспособного миокарда в каждом конкретном сегменте ЛЖ может являться недостаточной, чтобы представить его влияние на функциональное состояние ЛЖ. В настоящем исследовании установлено, что если

у пациента с ИКМП, направленного на предстоящую реваскуляризацию, процентное содержание жизнеспособного миокарда составляет 67% и более от массы миокарда ЛЖ, то следует ожидать положительного эффекта от планируемого хирургического вмешательства. Если же процент жизнеспособного миокарда будет менее 58%, то велика вероятность того, что даже при качественно проведенной операции реваскуляризации в ближайший год после операции может отмечаться ухудшение функционального состояния ЛЖ.

Заключение

С помощью МРТ сердца с контрастным усилением определены критерии оценки морфофункционального состояния ЛЖ у больных с ИКМП, позволяющие на дооперационном этапе обследования оценить резервные возможности миокарда

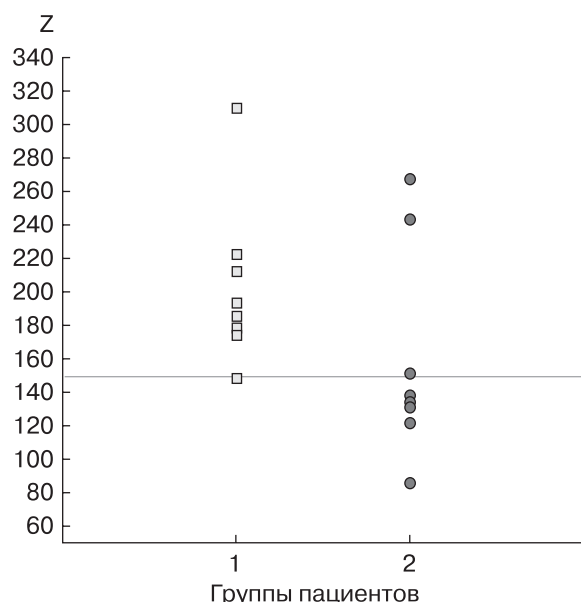
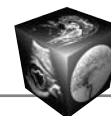


Рис. 3. Распределение значений индекса прогноза Z у пациентов с отрицательной (1) и положительной (2) послеоперационной динамикой по данным многофакторного дискриминантного анализа.

и спрогнозировать характер течения периода после реваскуляризации. В качестве таких критериев выделены значения показателей КДО, КСО и процентное содержание жизнеспособного миокарда ЛЖ. При дооперационном значении КДО ЛЖ до 192 мл, КСО ЛЖ до 136 мл и количестве жизнеспособного миокарда более 67% массы ЛЖ в ближайший год после реваскуляризации следует ожидать улучшения функции ЛЖ и соответственно положительной динамики в течении ИБС. В том случае, если КДО ЛЖ составляет более 244 мл, КСО ЛЖ более 187 мл и содержание жизнеспособного миокарда менее 58% массы ЛЖ, то это может свидетельствовать о выраженном ремоделировании и малых резервных возможностях миокарда для улучшения общей сократительной функции ЛЖ после кардиохирургического вмешательства. Применение многофакторного дискриминантного анализа дает возможность проследить ассоциированное влияние показателей КДО, КСО, содержания жизнеспособного миокарда на послеоперационный прогноз у больных с ИКМП. Выведенная с помощью данного математического метода формула

$$Z = 0,56 \cdot X(\text{КДО}) + 0,47 \cdot X(\text{КСО}) - 0,54 \cdot X(\text{viab.})$$

позволяет рассчитать значение индекса прогноза Z и тем самым получить информацию о возможном варианте течения ИБС после реваскуляризации.

Список литературы

1. Martin G., Sutton J., Sharpe N. Left Ventricular Remodeling After Myocardial Infarction Pathophysiology and Therapy. *Circulation*. 2000; 101: 2981–2988.
2. Окорочков А.Н. Диагностика болезней внутренних органов: Диагностика болезней сердца и сосудов. В 10 томах. М.: Медицинская литература, 2006. Т.6. 464 с.
3. Осовская Н.Ю. Ишемическая кардиомиопатия: терминология, эпидемиология, патофизиология, диагностика, подходы к лечению: лекция. *Новости медицины и фармации*. 2011; 359. URL: <http://novosti.mif-ua.com/archive/issue-16858/article-16868/print.html>
4. Телен М., Эрбел Р., Крейтнер К.Ф., Баркхаузен Й. Лучевые методы диагностики болезней сердца: Пер. с нем.; Под общей ред. проф. Синицына В.Е. М.: МЕДпресс-информ, 2011. 408 с.
5. Труфанов Г.Е., Фокин В.А. Магнитно-резонансная томография (руководство для врачей). СПб.: Фолиант, 2007. 688 с.
6. Труфанов Г.Е., Рудь С.Д., Железняк И.С., Меньков И.С. МРТ в диагностике ишемической болезни сердца. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2012. 64 с.
7. Труфанов Г.Е., Рудь С.Д., Железняк И.С., Карпенко А.К. Лучевая диагностика заболеваний коронарных артерий (конспект лучевого диагноста). СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2012. 160 с.
8. Lombardi M., Bartolozzi C. MRI of heart and vessels., Milan: Springer-Verlag, 2004. 394 p.
9. Bogaert J., Dymarkowski S., Taylor A.M. Clinical cardiac MRI. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. 394 p.
10. Боровиков В.П. Популярное введение в программу Statistica. М.: КомпьютерПресс, 1998. 267 с.
11. Eitzman D., al-Aouar Z., Kanter H.L. et al. Clinical outcome of patients with advanced coronary artery disease after viability studies with positron emission tomography. *J. Am. Coll. Cardiol*. 1992; 20 (3): 559–565.
12. 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 meta-analysis. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2002; 39: 1151–1158.
13. Bourque J.M., Hasselblad V., Velazquez E.J. et al. Revascularization in patients with coronary artery disease, left ventricular dysfunction, and viability: a meta-analysis. *Am. Heart J*. 2003; 146: 621–627.
14. Velazquez E.J., Lee K.L., Deja M.A. et al. Coronary-artery bypass surgery in patients with left ventricular dysfunction. *N. Engl. J. Med*. 2011; 364: 1607–1616.
15. Saurabh J., Scott D.F., Deborah H.K. Revascularization in heart failure in the post-STICH era. *Curr. Heart Fail*. 2013; 10: 365–372.
16. Ling L.F., Marwick 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.
17. 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.



References

1. Martin G., Sutton J., Sharpe N. Left Ventricular Remodeling After Myocardial Infarction Pathophysiology and Therapy. *Circulation*. 2000; 101: 2981–2988.
2. Okorokov A.N. Diagnosis of diseases of the internal organs: Diagnosis of diseases of the heart and blood vessels. In 10 vol. M.: Med. lit., 2006. V. 6. 464 p. (In Russian)
3. Osovskaya N.Yu. Ischemic cardiomyopathy: Definitions, epidemiology, pathophysiology, diagnosis, treatment approaches: lecture. *News of medicine and pharmacy*. 2011; 359. URL: <http://novosti.mif-ua.com/archive/issue-16858/article-16868/print.html> (дата обращения: 7.03.2014). (In Russian)
4. Telen M., Erbel R., Kreitner K. F., Barkhausen J. Radiologic diagnosis of heart disease. Moscow: MEDpress-inform, 2011. 408 p. (In Russian)
5. Trufanov G.E., Fokin V.A. Magnetic Resonance Imaging (guide for physicians). SPb.: LLC "Publishing Folio", 2007. 688 p. (In Russian)
6. Trufanov G.E., Rud S.D., Zheleznyak I.S., Menkov I.S. MRI in the diagnosis of coronary heart disease. SPb.: ELBI-SPb, 2012. 64 p. (In Russian)
7. Trufanov G.E., Rud S.D., Zheleznyak I.S., Karpenko A.K. Radiology of coronary artery disease (abstract ray diagnostician). SPb.: ELBI-SPb, 2012. 160 p. (In Russian)
8. Lombardi M., Bartolozzi C. MRI of heart and vessels. Milan: Springer-Verlag, 2004. 394 p.
9. Bogaert J., Dymarkowski S., Taylor A.M. Clinical cardiac MRI. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. 394 p.
10. Borovikov V.P. A popular introduction to the program Statistica. M.: ComputerPress, 1998. 267 p. (In Russian)
11. Eitzman D., al-Aouar Z., Kanter H.L. et al. Clinical outcome of patients with advanced coronary artery disease after viability studies with positron emission tomography. *J. Am. Coll. Cardiol*; 1992; 20 (3): 559–565.
12. 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 meta-analysis. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2002; 39: 1151–1158.
13. Bourque J.M., Hasselblad V., Velazquez E.J. et al. Revascularization in patients with coronary artery disease, left ventricular dysfunction, and viability: a meta-analysis. *Am. Heart J*. 2003; 146: 621–627.
14. Velazquez E.J., Lee K.L., Deja M.A. et al. Coronary-artery bypass surgery in patients with left ventricular dysfunction. *N. Engl. J. Med*. 2011; 364: 1607–1616.
15. Saurabh J., Scott D.F., Deborah H.K. Revascularization in heart failure in the post-STICH era. *Curr. Heart Fail*. 2013; 10: 365–372.
16. Ling L.F., Marwick 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.
17. 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.