

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ И ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ СЕРДЦА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОБРАТИМОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКИМИ ОККЛЮЗИЯМИ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ

Рыжкова Д. В.¹, Костина И. С.^{1,2}

Цель. Сопоставление информативности и прогностической ценности ПЭТ и МРТ сердца в предсказании восстановления регионарной сократительной функции миокарда ЛЖ, получающего кровоснабжение из бассейнов хронически окклюзированных коронарных артерий (ХОКА), после эндоваскулярной реканализации.

Материал и методы. В исследование включено 26 пациентов с хроническими формами ИБС и ангиографически документированными ХОКА, которым выполнялись МРТ сердца и ПЭТ с ¹³N-аммонием и ¹⁸F-фтордезоксиглюкозой (¹⁸F-ФДГ). Успешная реканализация ХОКА достигнута у 20 больных. Стандартом для расчета показателей информативности и прогностической ценности служило улучшение локальной сократимости левого желудочка при контрольном МРТ исследовании.

Результаты. Установлено, что величины, характеризующие глубину и объем рубца в сегментах с необратимой дисфункцией были достоверно выше по сравнению со значениями, зарегистрированными в жизнеспособном миокарде (73,0±37% против 20,4±33,7%, $p<0,0001$ и 54,1±33,4% против 9,8±16,2%, $p<0,0001$, соответственно). Обратная тенденция отмечена для захвата ¹⁸F-ФДГ (51,8±17% против 67±11,6%, $p<0,001$). По результатам проведенного ROC-анализа выявлены максимальные пороговые значения глубины и объема рубца по данным МРТ ($\leq 50\%$ и $\leq 37,5\%$, соответственно), при которых улучшение регионарной сократительной функции ЛЖ следует ожидать с чувствительностью, специфичностью и диагностической точностью 80,2%, 78%, 79,6% и 92,7%, 73,2% и 86,9%, соответственно. Для показателя уровня захвата ¹⁸F-ФДГ при минимальном пороговом значении $\geq 56,4\%$ и паттерна соотношения перфузия/метаболизм глюкозы чувствительность, специфичность и диагностическая точность составили 81,1%, 67,5%, 75,2% и 91%, 65,5% и 83,3%, соответственно.

Заключение. Магнитно-резонансная томография сердца обладает наиболее высокими показателями информативности и прогностической ценности для предсказания улучшения регионарной систолической функции ЛЖ после эндоваскулярной реканализации ХОКА. У пациентов, имеющих противопоказания к процедуре МРТ, целесообразно назначение комплексного ПЭТ исследования перфузии и метаболизма миокарда. Одноизотопное ПЭТ исследование с ¹⁸F-ФДГ малоэффективно для прогнозирования обратимости ЛЖ дисфункции, но пред-

ставляет информацию о наличии жизнеспособных кардиомиоцитов при выраженном структурном повреждении сердечной мышцы.

Российский кардиологический журнал 2014, 2 (106): 72-78

Ключевые слова: жизнеспособность миокарда, магнитно-резонансная томография, позитронная эмиссионная томография, хроническая окклюзия, дисфункция левого желудочка.

¹ФГБУ – Федеральный Центр сердца, крови и эндокринологии им. В. А. Алмазова, Санкт-Петербург; ²ФГБУ – Российский научный центр радиологии и хирургических технологий, Санкт-Петербург, Россия.

Рыжкова Д. В. – д.м.н., заведующая НИЛ ядерной кардиологии, руководитель центра ПЭТ, Костина И. С.* – м.н.с. НИЛ ядерной кардиологии, аспирант отдела лучевой диагностики.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): mr2410@mail.ru

¹⁸F-ФДГ – ¹⁸F-фтордезоксиглюкоза, ИБС – ишемическая болезнь сердца, КВ – контрастное вещество, ЛЖ – левый желудочек, МРТ – магнитно-резонансная томография, МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография, НЛСФ – нарушение локальной сократительной функции, ОК – отсроченное контрастирование. ОПЦ – отрицательная прогностическая ценность, ППЦ – положительная прогностическая ценность, ПЭТ – позитронная эмиссионная томография, РФП – радиофармпрепарат, СУ – систолическое утолщение, ХОКА – хроническая окклюзия коронарной артерии.

Рукопись получена 02.08.2013

Рецензия получена 08.08.2013

Принята к публикации 15.08.2013

CARDIAC MAGNETIC RESONANCE IMAGING AND POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY IN THE PREDICTION OF LEFT VENTRICULAR DYSFUNCTION REVERSIBILITY IN PATIENTS WITH CHRONIC TOTALLY OCCLUDED CORONARY ARTERIES

Ryzhkova D. V.¹, Kostina I. S.^{1,2}

Aim. To compare the prognostic value of cardiac positron emission tomography (PET) and contrast-enhanced magnetic resonance imaging (ceMRI) for the prediction of reversibility of regional left ventricular (LV) dysfunction after endovascular recanalization of chronic totally occluded (CTO) coronary arteries (CA).

Material and methods. The study included 26 patients with chronic coronary heart disease and angiographically confirmed CTO CA. All participants underwent cardiac ceMRI and PET with ¹³N-ammonia and ¹⁸F-fluorodeoxyglucose (¹⁸F-FDG). Successful CTO CA recanalization was achieved in 20 patients. The standard for prognostic value assessment was the improvement of regional LV contractility at the control ceMRI.

Results. The values of scar tissue extension and scar tissue volume were significantly higher in the segments with irreversible dysfunction, compared to the respective values for viable myocardium (73,0±37% vs. 20,4±33,7% ($p<0,0001$) and 54,1±33,4% vs. 9,8±16,2% ($p<0,0001$), respectively). An opposite tendency was observed for the ¹⁸F-FDG uptake (51,8±17% vs. 67±11,6% ($p<0,001$)). The ROC analysis demonstrated that the maximal cut-off values of scar tissue extension and scar tissue volume, assessed by ceMRI ($\leq 50\%$ and $\leq 37,5\%$, respectively), predicted the improvement in the regional LV contractility with sensitivity, specificity, and accuracy of 80,2%, 78%, 79,6%, and 92,7%, 73,2%, and 86,9%, respectively. The minimal cut-off value of

$\geq 56,4\%$ for the ¹⁸F-FDG uptake and the patterns of perfusion-metabolism match/mismatch provided sensitivity of 81,1% vs. 91%, specificity of 67,5% vs. 65,5%, and accuracy of 75,2% vs. 83,3%, respectively.

Conclusion. Compared to cardiac PET, ceMRI has superior prognostic value and accuracy in the prediction of reversibility of the regional LV dysfunction after endovascular revascularization of CTO CA. In patients with ceMRI contraindications, a complex PET assessment of myocardial perfusion and metabolism is recommended. PET with ¹⁸F-FDG only is less effective in the prediction of the LV dysfunction reversibility, but can still detect the presence of viable cardiomyocytes in the severely affected myocardial segments.

Russ J Cardiol 2014, 2 (106): 72-78

Key words: myocardial viability, cardiac magnetic resonance imaging, positron emission tomography, chronic total occlusion, left ventricular dysfunction.

¹V.A. Almazov Federal Centre of Heart, Blood, and Endocrinology, St. Petersburg;

²Russian Research Centre for Radiology and Surgical Technologies, St. Petersburg, Russia.

Оценка жизнеспособности миокарда у пациентов с хронически окклюзированными коронарными артериями (ХОКА) и локальной систолической дисфункцией левого желудочка (ЛЖ) имеет важное клиническое значение, т.к. определяет целесообразность интервенционного вмешательства по восстановлению антеградного кровотока. Реканализация пораженной артерии позволяет улучшить клиническое состояние пациента, повысить качество жизни за счет уменьшения симптомов ишемии миокарда и предупредить развитие острых коронарных осложнений [1–3].

Для прогнозирования обратимости дисфункции ЛЖ широкое распространение получили методы лучевой визуализации: перфузионная сцинтиграфия сердца, стресс-эхокардиография с добутамином, магнитно-резонансная томография (МРТ) и позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) [1, 2, 4]. Наибольшей информативностью в диагностике жизнеспособного миокарда обладают ПЭТ с ^{18}F -ФДГ-фтордезоксиглюкозой (^{18}F -ФДГ) и МРТ с оценкой позднего контрастирования [2, 5–7]. Лишь небольшое число зарубежных исследований посвящено аналитическому сопоставлению прогностической ценности вышеупомянутых методов в предсказании улучшения регионарной функции ЛЖ у пациентов с ИБС [6–8], а целенаправленное изучение их диагностической эффективности у больных с ХОКА ранее не выполнялось.

Цель: сравнить информативность и прогностическую ценность ПЭТ и МРТ сердца в предсказании обратимости регионарной систолической дисфункции миокарда ЛЖ после эндоваскулярной реканализации окклюзированной коронарной артерии.

Материал и методы

В исследование включено 26 пациентов (средний возраст — 55 ± 5 лет) с коронарографически подтвержденной хронической окклюзией одной (88,6%) или нескольких (11,4%) коронарных артерий. Длительность наблюдения составила 12 ± 1 месяцев после эндоваскулярного лечения. Эффективность реканализации ХОКА была подтверждена с помощью МСКТ-коронарографии или перфузионной ПЭТ в покое и на фоне нагрузочной пробы. Ни у одного из пациентов за время наблюдения не было отмечено клинической дестабилизации течения ИБС, повторных инфарктов миокарда.

Магнитно-резонансную томографию сердца выполняли на томографе Magnetom Verio (Siemens), 3T, в режиме кардиосинхронизации с использованием поверхностной катушки Body Matrix. В качестве контрастного вещества (КВ) применяли гадолиниевый препарат “Омнискан” (Gadodiamide, GE Healthcare) в количестве 0,2 ммоль/кг веса тела. Постпроцессинговую обработку результатов осуществляли с помощью программы ARGUS.

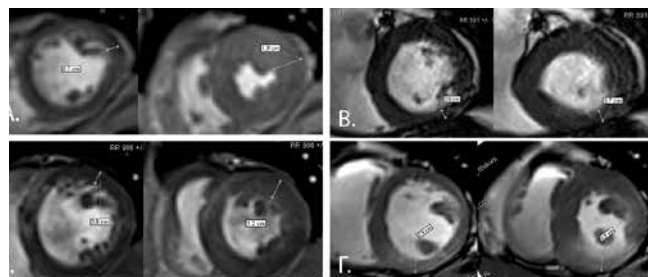


Рис. 1. Кино-МРТ сердца, срезы по короткой оси ЛЖ. Слева – диастола, справа – систола. СУ в норме (А), умеренное снижение СУ (Б), выраженное снижение СУ (В), отсутствие СУ (Г).

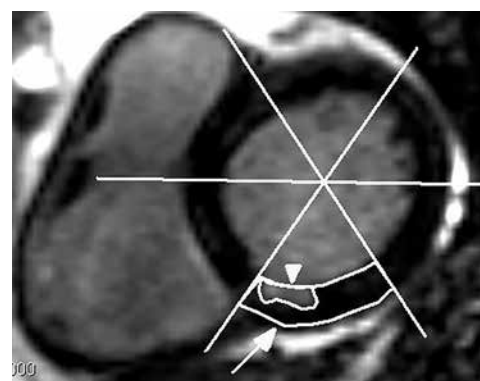


Рис. 2. МРТ с ОК. Срез ЛЖ по короткой оси на уровне базальных сегментов. Контур базального сегмента нижней стенки ЛЖ (стрелка), внутри которого выделен участок ОК (головка стрелки).

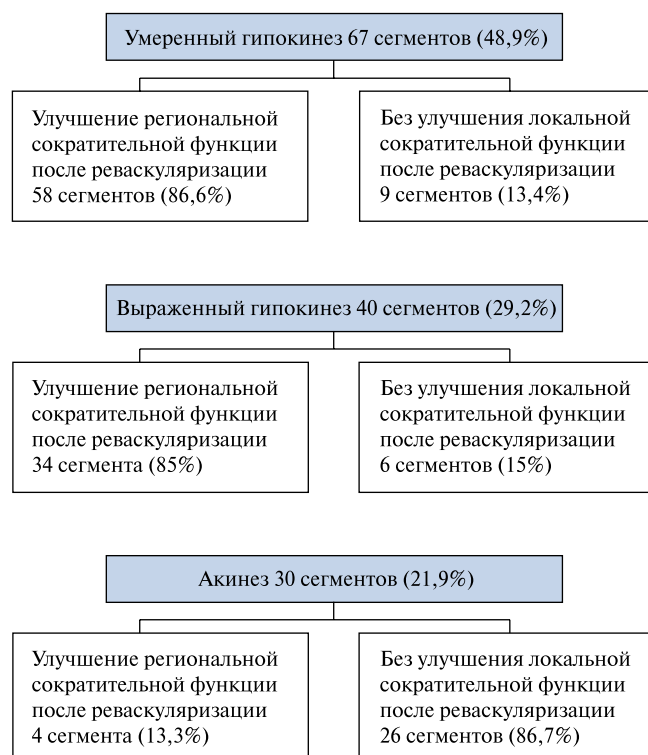


Рис. 3. Динамика восстановления регионарной систолической функции ЛЖ в зависимости от исходной степени тяжести ЛНСФ.

Состояние локальной сократительной функции ЛЖ определяли, используя последовательности “Turbo-FLASH” (TE2,41ms, TR50,4ms), толщина срезов 8мм, FA15deg. Срезы ориентировали по длинным осям и по короткой оси ЛЖ от базальных отделов к верхушке сердца на 10 сериях. Локальную сократительную функцию оценивали по величине систолического утолщения стенки ЛЖ. Толщину миокарда в систолу и диастолу определяли на МР-изображениях ЛЖ как расстояние между эндокардом и эпикардом на протяжении не менее трех сердечных циклов. Полученные значения усредняли. Систолическое утолщение определяли как разницу толщины стенки ЛЖ в систолу и в диастолу, выраженное в процентах (рис. 1). Региональные нарушения систолической функции классифицировали по 4-балльной шкале: 0 баллов — нормальная сократимость; 1 балл — умеренная гипокинезия; 2 балла — значительная гипокинезия; 3 балла — акинезия.

Через 15 минут после внутривенного введения КВ проводили анализ отсроченного контрастирования (ОК), используя последовательность “инверсия-восстановление” “TrueFISP” (TE1,09ms, TR700ms, FA40deg., dist.f.10). Время отклонения вектора намагниченности (TI) определяли для каждого пациента индивидуально при помощи технологии “TI-Scout”. Анализ результатов ОК выполняли на 10 срезах по короткой оси ЛЖ и на срезах по двум длинным осям по 17-сегментарной модели. Количественную оценку участков ОК осуществляли методом ручной обводки контуров эндокарда, эпикарда и рубца на каждой группе срезов с последующим суммированием. Параметр “глубина рубца” рассчитывали как отношение расстояния от внутренней границы зоны гиперинтенсивного сигнала до наружной к расстоянию от границы эндокарда до границы эпикарда. Показатель “объем рубца” определяли как процент участка с замедленным вымыванием КВ, измеренный на трех срезах, по отношению к объему сегмента в целом (рис. 2). Через 12 ± 1 месяц после эндоваскулярного лечения выполняли контрольное МРТ, включавшее в себя оценку сократительной функции.

Позитронную эмиссионную томографию с ^{18}F -ФДГ выполняли на аппарате “Ecat Exact 47” (Siemens). Через 1 ч от начала процедуры эугликемического-гиперинсулинемического клемпа внутривенно вводили ^{18}F -ФДГ из расчета 180 МБк/м^2 [5]. Сбор данных осуществляли в динамическом режиме непосредственно после инъекции РФП в течение 1 часа. Для получения статического ПЭТ-изображения использовали последний кадр из динамической серии длительностью 300 секунд.

Позитронная эмиссионная томография с ^{13}N -аммонием. Сбор данных осуществляли в динамическом режиме сразу после внутривенной инъекции ^{13}N -аммония из расчета 450 МБк/м^2 РФП в течение

20 минут. Для получения статического ПЭТ-изображения ЛЖ использовали последний кадр из динамической серии длительностью 480 секунд.

При одноизотопном исследовании с ^{18}F -ФДГ показателем, характеризующим жизнеспособность, считали относительный уровень захвата РФП в сегменте, нормализованный по отношению к захвату ^{18}F -ФДГ в миокарде, получающем кровоснабжение из ангиографически неизмененной КА [4]. При сочетанном исследовании перфузии и метаболизма миокарда в качестве критерия жизнеспособности использовали паттерн соотношения перфузия/метаболизм глюкозы. Паттерн “перфузионно-метаболического соответствия” характеризовался пропорциональным снижением аккумуляции ^{13}N -аммония и ^{18}F -ФДГ в дисфункциональном сегменте; паттерн “перфузионно-метаболического несоответствия” устанавливался при сочетании гипоперфузии с высоким захватом ^{18}F -ФДГ, напротив, нормальная перфузия в комбинации с гипоаккумуляцией ^{18}F -ФДГ классифицировались как паттерн “инвертированного перфузионно-метаболического несоответствия” [10].

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программного пакета STATISTICA (6.1). Оценку диагностической эффективности проводили путем построения характеристической кривой (ROC-кривой) и вычисления площади под ней. При определении пороговых значений руководствовались максимальным значением индекса Юдена. Для выбранного значения рассчитывали чувствительность, специфичность, диагностическую точность, положительную (ППЦ) и отрицательную (ОПЦ) прогностические ценности. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Из 26 пациентов, включенных в исследование, успешная реканализация ХОКА была достигнута у 20 человек. В анализ были включены 137 (95,1%) исходно дисфункциональных сегментов, принадлежащих бассейнам ХОКА. Выраженная гипокинезия и акинезия зарегистрированы в 70 сегментах (53,8%), в 46,2% обнаружена умеренная гипокинезия. После реваскуляризации улучшение регионарной контрактильной функции на 1 градацию и более отмечено в 96 (70%) сегментах (рис. 3). В 41 (30%) сегменте установлено необратимое нарушение локальной сократительной функции (НЛСФ).

Количественные значения показателей глубины и объема рубца в сегментах с необратимой дисфункцией были достоверно выше по сравнению с таковыми в жизнеспособном миокарде ($73,0 \pm 37\%$ против $20,4 \pm 33,7\%$, $p < 0,0001$ и $54,1 \pm 33,4\%$ против $9,8 \pm 16,2\%$, $p < 0,0001$, соответственно). Обратная закономерность отмечена для ПЭТ с ^{18}F -ФДГ: в случае необратимой дисфункции захват РФП в миокарде был существ-

венно ниже, по сравнению с сегментами, в которых произошло улучшение сократительной функции ($51,8 \pm 17\%$ против $67 \pm 11,6\%$, $p < 0,001$) (рис. 4).

По результатам проведенного ROC-анализа при максимальном пороговом значении глубины рубца по данным МРТ $\leq 50\%$ улучшение регионарной сократительной функции ЛЖ следует ожидать с чувствительностью 80,2%, специфичностью 78,0% и диагностической точностью 79,6% (рис. 5). В 77 из 86 сегментов (89,5%) с глубиной зоны отсроченного контрастирования не более 50%, регионарная ЛЖ дисфункция носила обратимый характер. В сегментах ЛЖ с глубиной гиперинтенсивного сигнала, превышающей 50% от толщины сегмента, в 62,7% случаев наблюдалось отсутствие динамики НЛСФ после реканализации ХОКА, тогда как в 37,3% обнаружено улучшение локальной сократимости ЛЖ.

Сопоставимые результаты были получены при выполнении анализа характеристических кривых для критерия объем рубца в сегменте. При его максимальном пороговом значении $\leq 37,5\%$ с чувствительностью 92,7%, специфичностью 73,2% и диагностической точностью 86,9% следует предполагать обратимость регионарной дисфункции ЛЖ после реканализации ХОКА.

На основании результатов ПЭТ установлено, что обратимость исходного НЛСФ зависит как от уровня накопления ^{18}F -ФДГ в исследуемом сегменте ЛЖ при выполнении одноизотопного исследования, так и от типа паттерна перфузионно-метаболического соотношения при двухизотопной ПЭТ (с ^{13}N -аммонием и ^{18}F -ФДГ). На основании минимального порогового значения захвата ^{18}F -ФДГ в дисфункциональном сегменте $>56,4\%$ с чувствительностью 81,1%, специфичностью 67,5% и диагностической точностью 75,2% можно прогнозировать улучшение регионарной сократимости после интервенционного вмешательства. Ложноположительные результаты нами отмечены в 13 случаях (14,4%), при этом средний уровень захвата ^{18}F -ФДГ в сегменте составлял от 60,9% до 90% от максимального включения в миокард.

Наибольшее значение площади под ROC-кривой установлено для показателя объем рубца ($\text{AUC}=0,856$). Диагностическая точность для глубины рубца и захвата ^{18}F -ФДГ составили $\text{AUC}=0,822$ и $\text{AUC}=0,774$, соответственно.

В подавляющем большинстве случаев (72,4%) отсутствие динамики регионарной сократительной функции ЛЖ отмечено при паттерне “перфузионно-метаболическое соответствие”. Обратимость локальной дисфункции была зарегистрирована в 53,7% при паттерне “инвертированное перфузионно-метаболическое несоответствие”, в 23,9% случаев при перфузионно-метаболическом соответствии и в 22,4% сегмен-

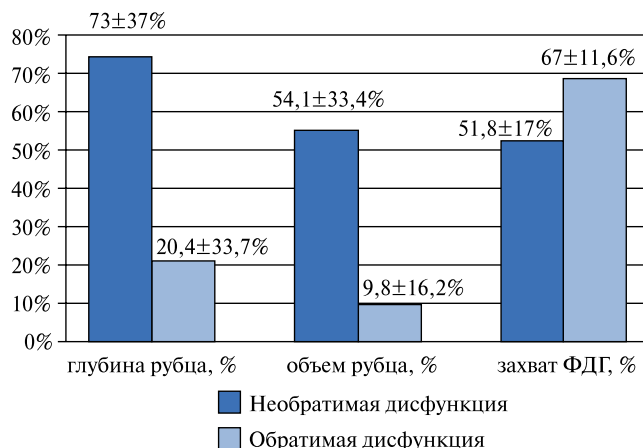


Рис. 4. Динамика восстановления регионарной систолической функции ЛЖ в зависимости от тяжести структурного повреждения и нарушения метаболизма миокарда.

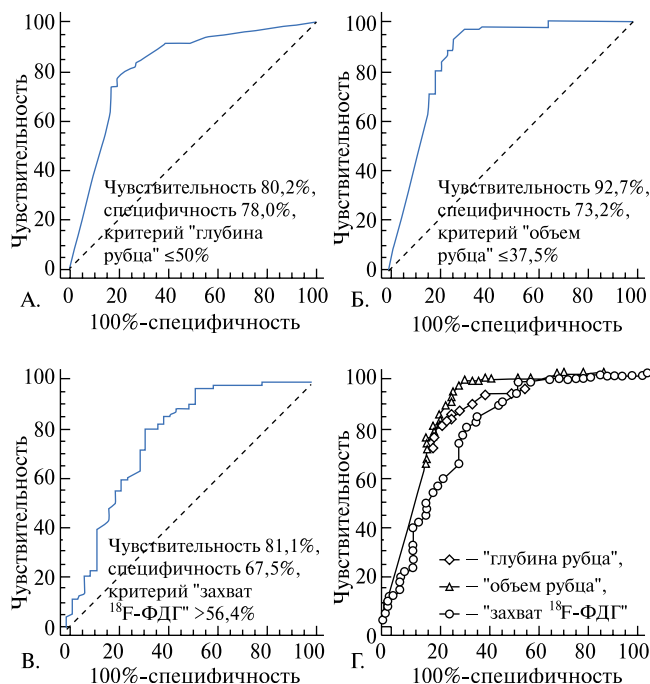


Рис. 5. Характеристические ROC-кривые (вертикальная ось – чувствительность, горизонтальная ось – 100%- специфичность). Показатель “глубина рубца” (А); показатель “объем рубца” (Б); показатель “захват ^{18}F -ФДГ” (В), сопоставление ROC-кривых (Г).

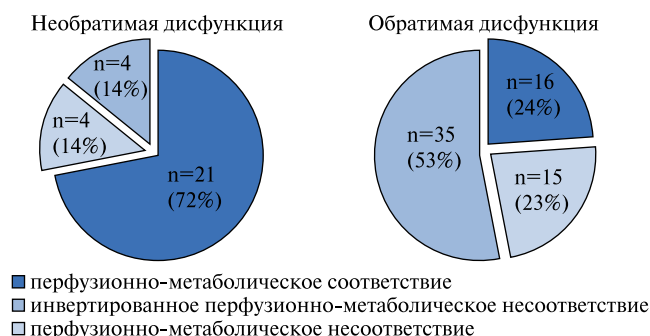


Рис. 6. Распределение частоты встречаемости различных паттернов перфузионно-метаболических нарушений при обратимой и необратимой систолической дисфункции ЛЖ.

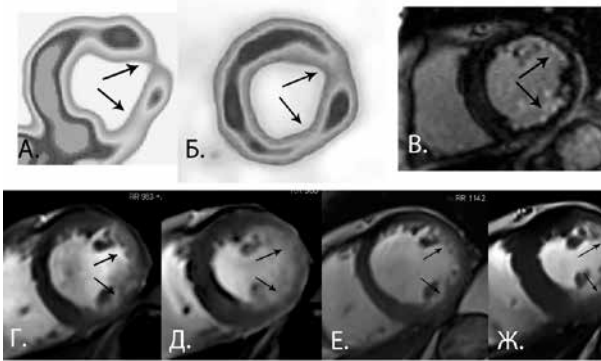


Рис. 7. Результаты ПЭТ сердца с ^{13}N -аммонием (А) и ^{18}F -ФДГ (Б), МРТ сердца с ОК (В) у пациента с ХОКА огибающей ветви левой коронарной артерии и правой коронарной артерии. Два участка “перфузионно-метаболического соответствия” в боковой (стрелка) и нижней (стрелка) стенках ЛЖ. На отсроченных МР-томограммах визуализируются две зоны ОК, расположенные субэндокардиально и совпадающие по локализации с участками “перфузионно-метаболического соответствия”. Кино-МРТ (диастола – Г, систола – Д) – гипокинезия боковой (стрелка) и нижней (стрелка) стенок ЛЖ. Улучшения локальной сократительной функции после интервенционного лечения не наблюдается (диастола – Е, систола – Ж).

тов с паттерном “перфузионно-метаболическое несоответствие” (рис. 6).

Сопоставление результатов ПЭТ и МРТ позволило нам определить некоторые закономерности: паттерн “перфузионно-метаболическое соответствие” наблюдался и при субэндокардиальном ($n=10$; 27%), и при трансмуральном ($n=22$; 59,4%) расположении участка ОК. В 9 из 10 сегментов (90%) с субэндокардиальным кардиосклерозом зарегистрировано восстановление регионарной дисфункции ЛЖ после реканализации ХОКА. В 20 (91%) сегментах с трансмуральным и в 1 сегменте с субэндокардиальным повреждением сердечной мышцы локальная дисфункция ЛЖ носила необратимый характер (рис. 7).

В 2 (9%) сегментах отмечено улучшение исходного НЛСФ, несмотря на наличие в них участка трансмурального постинфарктного рубца. Этот факт обусловлен тем, что зона необратимых изменений захватывала лишь небольшой объем сегмента (менее 1/3), а в околорубцовой зоне определялся жизнеспособный миокард (рис. 8). В 5 сегментах с паттерном “перфузионно-метаболическое соответствие” при МРТ не наблюдалось задержки выведения КВ, и сократительная функция миокарда после интервенционного вмешательства восстановилась.

Паттерн “перфузионно-метаболическое несоответствие” согласно общепринятой сцинтиграфической семиотике характеризует гибернирующий миокард. Этот вид перфузионно-метаболического соотношения зарегистрирован в 15 (78,9%) сегментах с обратимой и в 4 (21,1%) сегментах с необратимой ЛЖ дисфункцией. Быстрая скорость выведения КВ из миокарда на МР-томограммах в 11 (57,9%) сегментах свидетельствовала об отсутствии анатомического повреждения сердечной мышцы, однако из них только в 6 (82%) сег-

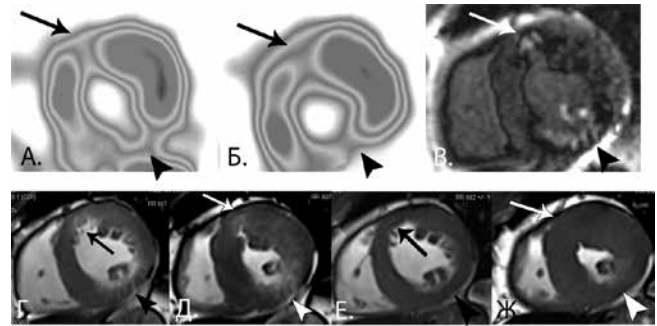


Рис. 8. Результаты ПЭТ сердца с ^{13}N -аммонием (А) и ^{18}F -ФДГ (Б), МРТ сердца с ОК (В) у пациента с ХОКА передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии и правой коронарной артерии. Два участка “перфузионно-метаболического соответствия” в передней (стрелка) и ниже-боковой (головка стрелки) стенках ЛЖ. На отсроченных МР-томограммах визуализируются две трансмуральных зоны ОК, совпадающие по локализации с участками “перфузионно-метаболического соответствия”. Площадь трансмурального участка ОК в передней стенке не превышает 1/3 от площади сегмента. Кино-МРТ (диастола – Г, систола – Д) – гипокинезия передней стенки (стрелка) и акинезия ниже-боковой стенки (головка стрелки) стенок ЛЖ. После интервенционного лечения улучшение сократительной функции в передней стенке (диастола – Е, систола – Ж). Дисфункция в ниже-боковой стенке необратима.

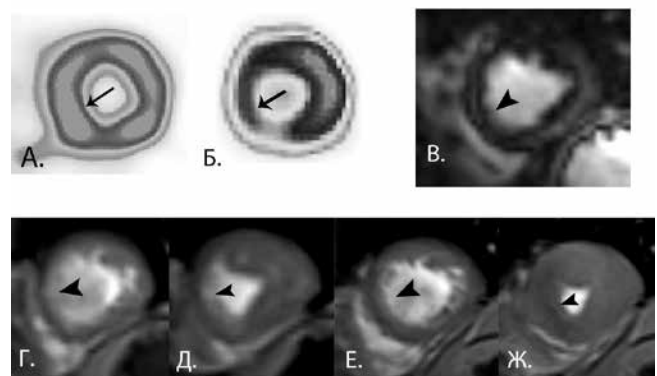


Рис. 9. Результаты ПЭТ сердца с ^{13}N -аммонием (А) и ^{18}F -ФДГ (Б), МРТ сердца с ОК (В) у пациентки с ХОКА передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии. Определяется участок “инвертированного перфузионно-метаболического несоответствия” в межжелудочковой перегородке (стрелка). На отсроченных МР-томограммах задержки контрастного вещества в миокарде не обнаружено. Кино-МРТ (диастола – Г, систола – Д) до реканализации. ХОКА – систолическая дисфункция в межжелудочковой перегородке, которая полностью исчезла после интервенционного лечения (диастола – Е, систола – Ж).

ментах было отмечено восстановление исходного НРСФ. В 8 сегментах с паттерном “перфузионно-метаболическое несоответствие” ОК носило субэндокардиальный характер, из них в 6 сегментах регионарная дисфункция исчезла после эндоваскулярного лечения.

В большинстве сегментов ($n=36$; 90%) с паттерном “инвертированного перфузионно-метаболического несоответствия” отмечено улучшение локальной сократительной функции после реканализации ХОКА. В 28 (77,7%) из них, несмотря на значительное снижение захвата ^{18}F -ФДГ, участков структурного повреждения миокарда в виде гиперинтенсивного сигнала на отсроченных МР-томограммах не определялось (рис. 9). Субэндокардиальное расположение рубца зарегистрировано в 6 (16,6%) сегмен-

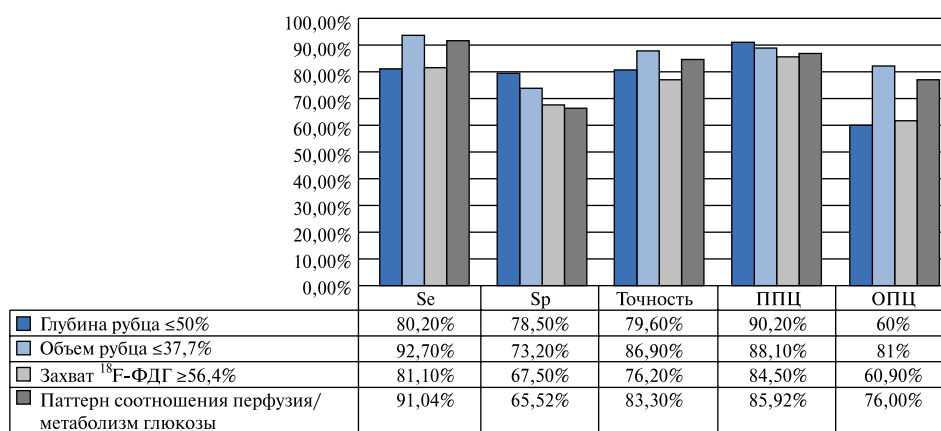


Рис. 10. Информативность ПЭТ и МРТ сердца.

Сокращения: Se – чувствительность, Sp – специфичность, Точность – диагностическая точность, ППЦ – положительная прогностическая ценность; ОПЦ – отрицательная прогностическая ценность.

тах с обратимой ЛЖ дисфункцией. Отсутствие динамики НЛСФ обнаружено в 3 сегментах с паттерном “инвертированного перфузионно-метаболического несоответствия”, в которых, по данным МРТ, выявлен трансмуральный кардиосклероз. Ложноположительные результаты ПЭТ обусловлены эффектом частичного объема.

Наибольшей диагностической точностью в предсказании обратимости регионарной систолической дисфункции после эндоваскулярной реканализации ХОКА обладает метод МРТ — 86,9% (рис. 10).

Диагностическая точность двухизотопной ПЭТ сердца оказалась незначительно ниже и составила 83,3%. Показатель ОПЦ, зачастую определяющий показания и объем интервенционного лечения ХОКА, был наиболее высоким при оценке объема рубца по данным МРТ — 81,1%.

Обсуждение

В настоящей работе изучена диагностическая эффективность ПЭТ и МРТ в предсказании обратимости регионарной систолической дисфункции ЛЖ после успешной реканализации ХОКА. Для решения вопроса о целесообразности интервенционного вмешательства решающее значение имеет прогностическая ценность метода, т.к. ППЦ позволяет отбирать пациентов на хирургическое или интервенционное лечение с наилучшим ожидающим результатом восстановления сократимости, ОПЦ предсказывает низкую вероятность обратимости систолической дисфункции. Сравнительный анализ результатов ПЭТ и МРТ сердца показал, что прогностическая ценность обоих методов зависела от степени тяжести анатомического повреждения сердечной мышцы. ОПЦ МРТ с использованием критерия “объем рубца” была существенно выше, чем у одноизотопной ПЭТ с ^{18}F -ФДГ и сочетанного исследования перфузии и метаболизма (81% против 60,9% и 76%).

По данным литературы, ранее уже предпринимались попытки определения минимального порогового значения для показателей величины постинфарктного рубца [7–9]. В зарубежной практике для предсказания улучшения регионарной сократимости используется критерий “глубина рубца”. В исследовании Kirschbaum et al. [9], посвященном изучению прогностической значимости МРТ, при пороговом значении глубины рубцовых изменений $<25\%$ с чувствительностью 64%, специфичностью 81%, ППЦ 82% и ОПЦ 63% прогнозировали обратимость ЛЖ дисфункции после реканализации ХОКА. В многочисленных исследованиях, включая настоящую работу, было установлено максимальное пороговое значение этого показателя, составляющее 50%. При этом, чувствительность метода достигала 80–97%, специфичность — 44,9–78,5%, ППЦ — 72,4–90,2% и ОПЦ — 60–93% [6, 7]. Однако диагностическая точность показателя “объем рубца” существенно превысила таковую у критерия “глубина рубца” (86,9% против 79,6%). Причиной недостаточной чувствительности (80,2% против 92,7%) и точности (79,6% против 86,9%, соответственно) глубины рубца, в нашем исследовании являлись сегменты, в которых площадь трансмурального участка ОК не превышала 1/3 от общей площади анализируемого сегмента ЛЖ, а восстановление регионарной сократимости обеспечивал жизнеспособный миокард, занимающий 2/3 от общей площади сегмента.

Наиболее низкие значения информативности и прогностической ценности выявлены нами в отношении одноизотопной ПЭТ с ^{18}F -ФДГ. Однако при выполнении комплексного исследования перфузии и метаболизма миокарда диагностическая точность и ППЦ ПЭТ была сопоставима с данными МРТ (83,3% против 86,9% и 85,9% против 88,1% соответственно). Ложноотрицательные результаты одноизотопной ПЭТ с ^{18}F -ФДГ, по-видимому, обусловлены низким уровнем захвата РФП в миокарде, находя-

щемся в состоянии стенирования [11]. Поэтому дополнительное исследование перфузии позволяет дифференцировать паттерны “перфузионно-метаболического соответствия”, характерного для нежизнеспособного миокарда и “инвертированного перфузионно-метаболического несоответствия”, наблюдающегося при стенировании сердечной мышцы.

Следует отметить, что встречались случаи, когда в активно накапливающих ^{18}F -ФДГ сегментах ЛЖ МРТ выявляла большие по глубине и площади участки ОК, при этом восстановление регионарной систолической функции этих сегментов после эндоваскулярного лечения ХОКА не наблюдалось. Известно, что ПЭТ с ^{18}F -ФДГ идентифицирует признаки метаболической активности в сегментах с необратимым анатомическим повреждением [12]. Обратимость систолической дисфункции ЛЖ после реканализации ХОКА наблюдается при минимальном пороговом значении глубины рубца $\leq 50\%$, тогда как ПЭТ с ^{18}F -ФДГ позволяет определить метаболическую активность при наличии 25% жизнеспособных кардиомиоцитов в зоне постинфарктного кардиосклероза [13]. Таким образом, МРТ показатели, характеризующие анатомическое повреждение сердечной мышцы, являются более надежными маркерами улучшения регионарной сократительной функции ЛЖ после интервенционного лечения ХОКА. Однако ряд авторов полагает, что восстановление антеградного кровотока к сегментам с выраженными рубцовыми изменениями и остаточной метаболической активностью предотвращает дальнейшее ишемическое повреждение кардиомиоцитов, препятствует развитию жизнеугрожающих аритмий, способствует снижению риска острых коронар-

ных осложнений и улучшению долгосрочного прогноза заболевания [14, 15].

Заключение

Магнитно-резонансная томография сердца с большей точностью предсказывает улучшение регионарной функции ЛЖ после эндоваскулярной реканализации ХОКА. Наибольшая ОПЦ (81%) установлена для показателя “объем рубца”, поэтому для решения вопроса о потенциальной обратимости ЛЖ дисфункции предпочтительно выполнение МРТ сердца. У пациентов, имеющих противопоказания к МРТ, целесообразно назначение ПЭТ исследования перфузии и метаболизма миокарда. Одноизотопная ПЭТ с ^{18}F -ФДГ малоэффективна для прогнозирования обратимости ЛЖ дисфункции, но предоставляет информацию о наличии жизнеспособных кардиомиоцитов при выраженном структурном повреждении сердечной мышцы.

Благодарности. Авторы выражают глубокую благодарность руководству ООО ЛДЦ “МИБС” в лице Столпнера А. З. и Березиной Н. А., а также заведующему отделением ПЭТ ФГБУ “РНЦРХТ” Минздрава РФ д.м.н. Костеникову Н. А. за предоставленную возможность выполнения МРТ и ПЭТ исследований. Особую признательность выражаем врачу-рентгенологу Бондарчуку Д. В. за оказанную помощь в исполнении процедуры МРТ сердца. Авторы благодарны благотворительному фонду науки в области современных медицинских технологий “Фонд Анатолия Михайловича Гранова”, при поддержке которого выполнено исследование.

Литература

- Bucciarelli-Ducci C, Locca D, O'Hanlon R. Recanalization of Coronary Chronic Total Occlusion Guided by Left Ventricular Function, Perfusion and Viability Imaging by Cardiovascular Magnetic Resonance. *Circulation* 2009; 120: S975.
- Schinkel AF, Bax JJ, Poldermans D, et al. Hibernating myocardium: Diagnosis and patient outcomes. *Curr Probl Cardiol* 2007; 32:375–410.
- Beanlands RS, Nichol G, Huszti 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; 50:2002–12.
- Ryzhkova DV. Positron emission tomography in the complex diagnosis of ischemic heart disease [dissertation]. [Tomsk]: Research Centre of Tomsk, Scientific-research institute of cardiology; 2008. 343 p. (Рыжкова Д. В. Позитронная эмиссионная томография в комплексной диагностике ишемической болезни сердца: дисс. ... д-ра. мед. наук: 14.00.19. Томск, 2008. 343 с).
- Tjutin LA, Ryzhkova DV, Nifontov EM, et al. Method for predicting myocardial viability. Russian Federation Patent RU 2266052 C1. 2005 Feb 02. Russian. (Патент 2266052 C1 Российская Федерация, МПК7 А61 В 6/03 Способ диагностики жизнеспособности миокарда. Тютин Л. А., Рыжкова Д. В., Нифонтов Е. М., Шляхов Е. В., Костеников Н. А. (Российская Федерация). 2005. — 16 с).
- Wu YW, Tadamura E, Yamamuro M, et al. Comparison of contrast-enhanced MRI with (18) F-FDG PET/201TI SPECT in dysfunctional myocardium: relation to early functional outcome after surgical revascularization in chronic ischemic heart disease. *J Nucl Med* 2007; 48:1096–103.
- Kuhl HP, Lipke CS, et al. Assessment of reversible myocardial dysfunction in chronic ischemic heart disease: Comparison of contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance and a combined positron emission tomography-single photon emission computed tomography imaging protocol. *European Heart Journal* 2006; 27 (7):846–53.
- Baks T, van Geuns RJ, Duncker DJ, et al. Prediction of left ventricular function after drug-eluting stent implantation for chronic total coronary occlusions. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47 (4):721–5.
- Kirschbaum SW, Baks T, van den Ent M, et al. Evaluation of left ventricular function three years after percutaneous recanalization of chronic total coronary occlusions. *Am J Cardiol* 2008; 101 (2):179–85.
- Positron emission tomography imaging in the diagnosis of cardiovascular diseases. In: Russian Guide on radionuclide diagnostics. Tomsk: STT; 2010. p. 137. Russian (Позитронная эмиссионная томография в диагностике заболеваний сердечно-сосудистой системы. В кн: Национальное руководство по радионуклидной диагностике. Томск; 2010. с. 137).
- Ghosh N, Rimoldi OE, Beanlands RS, et al. Assessment of myocardial ischaemia and viability: role of positron emission tomography. *Eur Heart J* 2010; 24:2984–95.
- Bax JJ, Schinkel AFL, Boersma E, et al. Extensive Left Ventricular Remodeling Does Not Allow Viable Myocardium to Improve in Left Ventricular Ejection Fraction After Revascularization and Is Associated With Worse Long-Term Prognosis. *Circulation* 2004; 110 (11 Suppl 1): II18–22.
- Tani T, Teragaki M, Watanabe H. Detecting viable myocardium and predicting functional improvement: comparisons of positron emission tomography, rest-redistribution thallium-201 single-photon emission computed tomography (SPECT), exercise thallium-201 reinjection SPECT, I-123 BMIPP SPECT and dobutamine stress echocardiography. *Circ J* 2004; 68 (10):950–7.
- Appleton DL, Abbate A, Biondi-Zoccai GG. Late percutaneous coronary intervention for the totally occluded infarct-related artery: a meta-analysis of the effects on cardiac function and remodeling. *Catheter Cardiovasc Interv* 2008 May 1; 71 (6):772–81.
- Acampa W, Petretta M, Spinelli L, et al. Survival benefit after revascularization is independent of left ventricular ejection fraction improvement in patients with previous myocardial infarction and viable myocardium. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005; 32 (4):430–7.