

Количественная оценка жизнеспособного миокарда радионуклидным методом

В.Ю. Кундин

Городская клиническая больница «Киевский городской центр сердца»

При решении вопроса об успешной реваскуляризации миокарда кардиохирургу приходится решать ряд важных проблем, среди которых достаточно актуальной является оценка количества жизнеспособного миокарда (ЖМ). На сегодняшний день не существует единого мнения о количестве пораженных сегментов для успешной операции по реваскуляризации [9]. Считается, что ЖМ должно быть не менее 45-50%. Однако Di Carli и соавт. (1994) [14] показали достаточно успешные результаты реваскуляризации у пациентов с 25-30% ЖМ. Авторы отмечали, что даже у таких пациентов после операции наблюдалось улучшение перфузии миокарда и увеличение фракции выброса (ФВ). Таким образом, в каждом конкретном случае тактика ведения больного и возможность реваскуляризации определяется индивидуально.

К основным видам лучевой диагностики в оценке ЖМ относятся ультразвуковая, радионуклидный методы и МРТ. Выбор метода определяется техническим оснащением учреждения, доступностью, информативностью и стоимостью исследований.

Принципы диагностики ЖМ:

- выявление сократительного резерва миокарда (стресс-эхокардиография с добутамином, МРТ с добутамином);
- оценка перфузии миокарда (радиоизотопные исследования с препаратами ^{99m}Tc , контрастная эхокардиография, контрастная МРТ);
- доказательство наличия метаболической активности миокарда – позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ).

Наиболее распространен ультразвуковой метод, который представлен стресс-эхокардиографией [1, 4]. Этот метод довольно информативен, относительно недорогой и, самое главное, доступен – практически все медицинские учреждения оснащены ультразвуковой аппаратурой. По сравнению с другими методами оценки ЖМ преимуществами УЗИ являются: отсутствие облучения, возможность многократного повторения, невысокая стоимость оборудования и относительная безопасность лекарственных средств для

создания стрессовых нагрузок [5, 7]. Однако он не лишен и определенных недостатков: невозможность визуализировать коронарные артерии, сложность в визуализации сердца при трансторакальном УЗИ на фоне эмфиземы легких и ожирения, а также полуколичественная оценка кинетики миокарда [1, 10]. Более современным методом является контрастная эхокардиография, которая основана на интракоронарном введении газосодержащего ультразвукового контрастного вещества и проводится одновременно с коронароангиографией. Считается, что контрастная эхокардиография имеет преимущества перед другими методами в острой фазе постишемической гибернации миокарда по сравнению с хронической [2, 6].

При помощи МРТ можно определить ЖМ в плохо сокращающихся сегментах, используя пробу с добутамином. При этом будет показано улучшение сократимости стенки при введении низких доз добутамина, однако при введении более высоких доз – ухудшение сокращения этих же сегментов. То есть при наличии жизнеспособного, но гипокинетического миокарда наблюдается двойная реакция [6, 12, 18].

На сегодняшний день большинство кардиологов и специалистов по лучевой диагностике рекомендуют следующий алгоритм оценки ЖМ:

- 1-й этап – фармакологическая стресс-эхокардиография с добутамином;
- 2-й этап – перфузионная сцинтиграфия миокарда с технецием;
- 3-й этап – ПЭТ, МРТ, контрастная эхокардиография [6].

Причем в большинстве случаев для объективной оценки ЖМ достаточно первых двух этапов. Если фармакологическая стресс-эхокардиография с добутамином хорошо известна специалистам, то радионуклидная оценка ЖМ требует более детального разъяснения. В данной публикации представлен радионуклидный метод оценки ЖМ как менее известный и пока мало применяемый в Украине. В таблице 1 приведены основные критерии оценки ЖМ при радионуклидной диагностике.

Для радионуклидной оценки функционального состояния миокарда используется миокардиосцинтиграфия (МСГ). Это методика визуализации миокарда левого желудочка (ЛЖ) сердца сцинтиграфическим методом в гамма-камере с использованием перфузионных и метаболических радиофармпрепаратов (РФП). Как и любая методика радионуклидной диагностики, она является функциональной. Принцип МСГ заключается в том, что РФП накапливается в миокарде пропорционально объему коронарного кровотока. Чувствительность и специфичность МСГ в определении участков ишемии миокарда составляют 80-90%, а постинфарктных рубцовых изменений – 100% [19].

РФП для миокардиосцинтиграфии. Все РФП для МСГ можно подразделить на перфузионные, метаболические и аналоги норадреналина. К перфузионным РФП относятся ²⁰¹TlCl (таллия хлорид), ^{99m}Tc-MIBI (метоксиизобутилизонитрил), ^{99m}Tc-тетрафосмин, ¹³N-аммоний и ¹¹C-ацетат. К метаболическим РФП относятся ¹⁸F-ФДГ (фтордезоксиглюкоза) и ¹²³I-БМПДК (бета-метилпентадекановая кислота). К аналогам норадреналина относятся ¹²³I-МИБГ (метайодобензилгуанидин), ¹⁸F-метараминол и ¹¹C-гидроксиэфедрин.

Для однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) и ОФЭКТ/КТ используются ²⁰¹TlCl, ^{99m}Tc-MIBI и ^{99m}Tc-тетрафосмин. Для ПЭТ и ПЭТ/КТ применяют позитронизлучающие РФП – ¹⁸F-ФДГ, ¹³N-аммоний, ¹¹C-ацетат и ⁸²Rb [8, 11, 17, 21].

Показания к назначению МСГ:

- диагностика наличия, локализации, распространенности и тяжести ишемического поражения миокарда;
- диагностика локализации, распространенности и тяжести постинфарктных рубцовых изменений;
- определение функциональной значимости атеросклеротического поражения коронарных артерий, выявленного при коронароангиографии;
- оценка жизнеспособности миокарда;
- оценка эффективности медикаментозного лечения;
- оценка эффективности реваскуляризации миокарда.

Противопоказания к МСГ:

- беременность;
- период кормления грудью;
- масса пациента свыше 150 кг.

Одним из основных показаний к назначению МСГ является оценка количества ЖМ, который необходимо определять у:

- пациентов с ишемической кардиомиопатией, у которых ФВ ЛЖ <35% (больные с выраженной стенокардией, сердечной недостаточностью и сопутствующими нарушениями ритма сердца);
- пациентов после острого инфаркта миокарда с обширной областью дисфункции и тяжелым поражением питающей коронарной артерии [9].

Режимы проведения МСГ:

- ОФЭКТ;
- ПЭТ;
- трансмиссионная эмиссионная технология (ТЭТ): ОФЭКТ с КТ и ПЭТ с КТ.

При всех вышеперечисленных методиках исследования проводятся с помощью одно- или двухдетекторных гамма-камер. Детектор – устройство, воспринимающее излучение и преобразующее его в электрические сигналы. Методически МСГ выполняется одинаково и не зависит от режима проведения. При МСГ (ОФЭКТ, ПЭТ, ОФЭКТ/КТ и ПЭТ/КТ) детекторы гамма-камеры описывают над пациентом дугу в 180°, реже в 360°. Детекторы гамма-камеры находятся в L-mode позиции, то есть под углом 90° по отношению друг к другу. При этом исследование перфузии миокарда ЛЖ начинается из правой передней кося проекции (45°) и заканчивается задней левой кося проекцией (135°). Дуга в 180° разбивается на 60 плоскостных изображений сердца. При помощи программы реконструкции изображений формируются срезы сердца. Это изображения по короткой оси сердца (от верхушки до основания), а также по длинным горизонтальной и вертикальной осям (рис. 1).

Недостатком ОФЭКТ является плохая визуализация задней стенки ЛЖ у тучных пациентов и передней стенки у женщин (экранизация молочными железами) в связи с ослаблением излучения и невозможностью

Таблица 1. Характеристика основных радионуклидных методов оценки ЖМ

| Свойства | Метод оценки | Критерий жизнеспособности |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Перфузия/интактные клеточные мембраны | ²⁰¹ TlCl (ОФЭКТ) | Активность поглощения >50% Редистрибуция >10% |
| Перфузия /интактные митохондрии | ^{99m} Tc-MIBI (ОФЭКТ) | Активность поглощения >50% Улучшение перфузии после применения нитратов |
| Метаболизм глюкозы | ¹⁸ F-ФДГ (ПЭТ) | Активность поглощения >50% Сохранена перфузия и поглощение ФДГ |
| Метаболизм свободных жирных кислот | ¹²³ J-БМПДК (ОФЭКТ) | Активность поглощения >50% Несоответствие перфузии метаболизму БМПДК |
| Сократительный резерв | ОФЭКТ, синхронизированный с ЭКГ и добутамином | Улучшение сократительности пораженного участка |

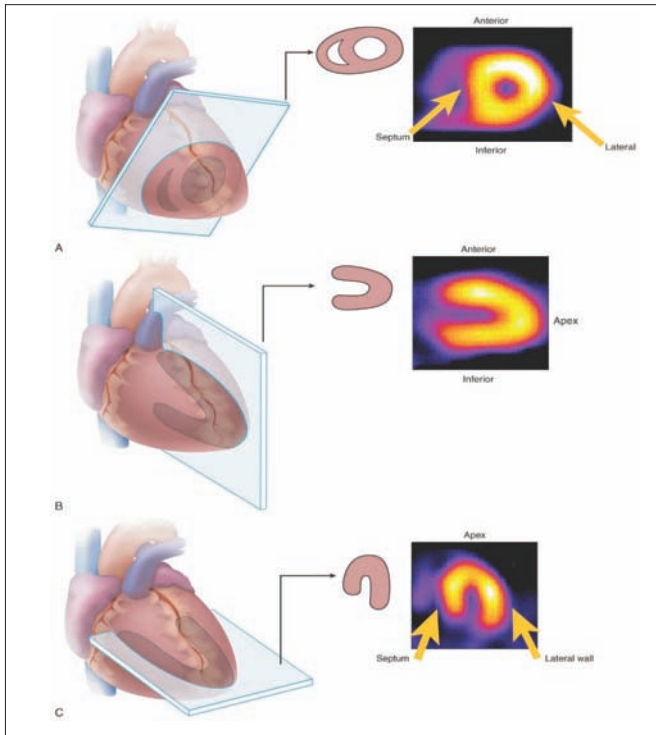


Рис. 1. Принцип получения скintiграфических ОФЭКТ- и ПЭТ-изображений миокарда ЛЖ сердца по короткой оси, длинной вертикальной и длинной горизонтальной осям

получить четкое изображение стенок ЛЖ из-за наложения изображений в систолу и диастолу. Это не позволяет оценить толщину стенок ЛЖ и получить количественные параметры сердечной деятельности. Для устранения последнего недостатка используют ОФЭКТ миокарда с ЭКГ-синхронизацией. На качество результатов ОФЭКТ также влияют:

- движения больного во время исследования (пациент должен удобно лежать);
- низкая активность РФП (оптимальной является активность 740-1110 МБк);
- высокая активность под диафрагмой и в легких, а также в новообразованиях средостения и легких;
- искусственные водители ритма;
- ослабление излучения мягкими тканями (для уменьшения его влияния программа регистрации гамма-квантов при ОФЭКТ учитывает интервал от 120 до 140 кэВ). Более полно такое влияние устраняет технология ОФЭКТ/КТ.

При оценке сердечного метаболизма и перфузии миокарда ПЭТ имеет ряд преимуществ перед ОФЭКТ, к которым относятся большая разрешающая способность метода, возможность коррекции ослабления фотонного излучения мягкими тканями и количественная оценка метаболизма РФП. Высокая энергия фотонов (511 кэВ) позволяет получать высококачественные изображения даже у тучных пациентов. ПЭТ обладает также наибольшей прогностической ценностью у пациентов с выраженной сердечной недостаточностью

и низкой ФВ. Для оптимального определения ЖМ при ПЭТ исследования с ^{18}F -ФДГ должны сочетаться с оценкой перфузии. Дисфункциональные сегменты с сохраненной перфузией и нормальным поглощением ^{18}F -ФДГ указывают на оглушенный миокард, а сегменты со сниженной перфузией, но сохраненным поглощением ^{18}F -ФДГ (несоответствие перфузии ^{18}F -ФДГ) считаются гибернирующим миокардом. В то же время сегменты со сниженной перфузией и соответствующим сниженным поглощением ^{18}F -ФДГ являются рубцовой тканью [14].

Другим важным моментом оценки ЖМ при ПЭТ является двухэтапное исследование с ^{18}F -ФДГ и с ^{13}N -аммонием. Жизнеспособными считаются участки миокарда, демонстрирующие патологически низкое распределение ^{13}N -аммония с нормальным или повышенным захватом ^{18}F -ФДГ [14].

К недостаткам ПЭТ относятся ее высокая стоимость, ультракороткоживущие РФП, которые можно использовать только на месте их получения, и невозможность транспортировать излучатели на далекие расстояния.

ОФЭКТ/КТ и ПЭТ/КТ – новые технологии радионуклидной диагностики, в которых радионуклидный метод и рентгеновская компьютерная томография совмещены в одном аппарате. Такие системы были разработаны для потребностей ядерной кардиологии и онкологии. Принцип получения гибридных изображений состоит в регистрации скintiграфического (радионуклидного) и КТ-изображений области сердца. Затем проекции радионуклидных изображений реконструируются, и проводится их совмещение с КТ-изображениями (рис. 2). При проведении ОФЭКТ- или ПЭТ-реконструкции в кардиологии КТ-трансмиссионная информация используется для

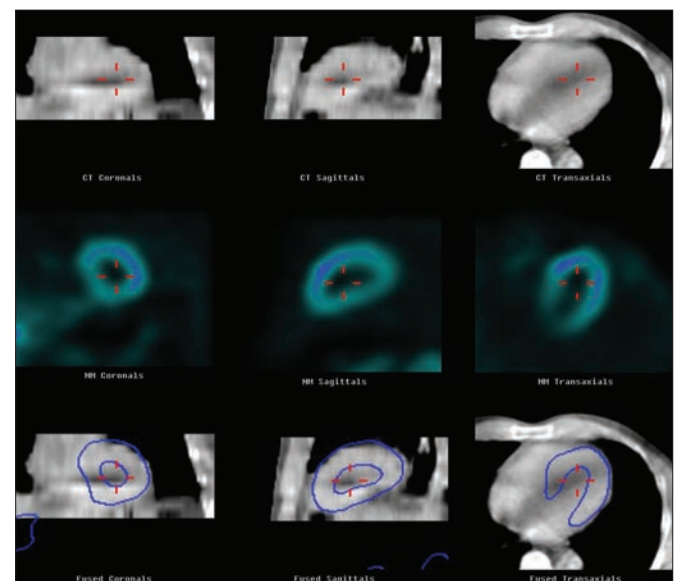


Рис. 2. МСГ проведена по технологии ОФЭКТ/КТ

Верхний ряд – КТ-изображения, средний ряд – ОФЭКТ-изображения и нижний ряд – совмещение изображений КТ и ОФЭКТ для коррекции ослабления излучения окружающими тканями.

коррекции эмиссионной информации (внесение поправок на ослабление сигналов) [15].

Преимущества технологии ОФЭКТ/КТ:

- Применение КТ для внесения поправок на ослабление повысило качество ОФЭКТ-изображений сердца.
- Совместный просмотр результатов исследования, полученных одновременно с помощью дополняющих друг друга средств визуализации, увеличил достоверность диагностики.
- Подобная система повышает производительность и эффективность работы.

На сегодняшний день наиболее распространенной методикой оценки ЖМ является ОФЭКТ В 2004 г. по этой технологии в мире провели 15,8 млн исследований, из них 8 млн – кардиологические и 7,8 млн – общие ядерные процедуры, в то время как ПЭТ-исследований выполнили только 1 млн. Таким образом, ОФЭКТ прочно занимает лидирующие позиции в ядерной медицине сегодняшнего дня [3]. Основным РФП для ОФЭКТ миокарда является ^{99m}Tc-MIBI. Этот препарат вводится внутривенно активностью 740-1110 МБк. Исследование начинают через 45-60 мин после введения РФП. Лучевая нагрузка на пациента при использовании ОФЭКТ составляет 2-3 мЗв, при ОФЭКТ/КТ – 8-10 мЗв (к лучевой нагрузке ОФЭКТ добавляется нагрузка КТ в зависимости от количества срезов).

Подготовка больного. МСГ проводится натощак. При подготовке больного к исследованию антиангинальные, гипотензивные и противоаритмические средства не отменяют, что позволяет более достоверно оценить количество ЖМ.

Протоколы сцинтиграфических исследований в оценке ЖМ:

- исследование в состоянии покоя;
- с сублингвальным приемом нитроглицерина;
- с применением малых доз добутамина.

Наиболее часто для оценки ЖМ применяется протокол с введением РФП в состоянии покоя.

Особенности оценки сцинтиграфических изображений сердца при определении количества ЖМ. Оценка результатов МСГ проводится с использованием следующего алгоритма: сначала визуальная, затем количественная. Наличие ЖМ определяют полуколичественно и количественно. Количественный подход к оценке тяжести дефектов перфузии миокарда

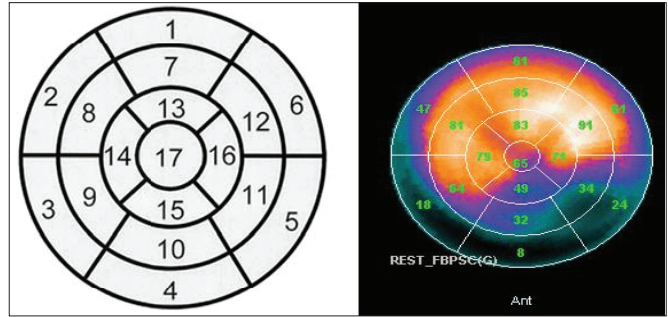


Рис. 3. Схематическое и сцинтиграфическое изображение 17-сегментной модели (система координат «бычий глаз»)

Сегменты: 1 – переднебазальный, 2 – базальный переднеперегородочный, 3 – базальный нижнеперегородочный, 4 – нижнебазальный, 5 – базальный нижнелатеральный, 6 – базальный переднелатеральный, 7 – переднемедиальный, 8 – медиальный переднеперегородочный, 9 – медиальный нижнеперегородочный, 10 – нижнемедиальный, 11 – медиальный нижнелатеральный, 12 – медиальный переднелатеральный, 13 – переднеапикальный, 14 – апикальный перегородочный, 15 – нижеапикальный, 16 – апикальный латеральный, 17 – верхушка.

состоит из разделения миокарда на 17 или 20 сегментов [15] и оценки доли включения РФП в каждый сегмент (рис. 3). Для оценки нарушений перфузии миокарда используют полуколичественную 5-балльную шкалу, которая представлена в таблице 2 [5].

При полуколичественной оценке нарушений перфузии используют также 17-сегментную модель (рис. 4) и балльную оценку перфузии каждого сегмента.

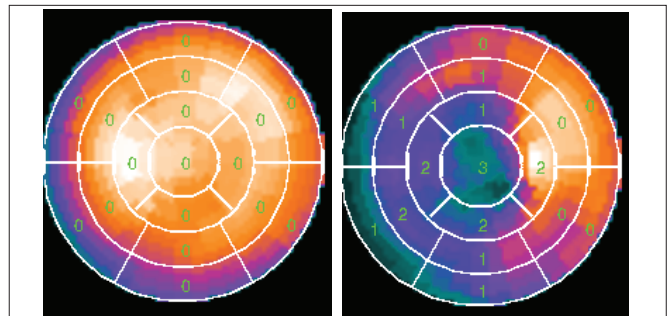


Рис. 4. Полуколичественная оценка перфузии миокарда ЛЖ сердца по 17-сегментной модели

Левый рисунок – нормальная перфузия, суммарная балльная оценка 0; правый рисунок – нарушение перфузии в верхушке сердца, апикальных сегментах, в передней, задней стенках ЛЖ и перегородке, суммарная балльная оценка – 18, нежизнеспособный миокард в области верхушки и апикальных сегментов.

Таблица 2. Полуколичественная система оценки нарушений перфузии миокарда ЛЖ

| Определение | Баллы | Доля включения, % |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|
| Нормальная перфузия | 0 | 80-95 |
| Незначительное снижение количества импульсов – неопределенное нарушение | 1 | 65-79 |
| Умеренное снижение количества импульсов – определенное умеренное нарушение | 2 | 50-65 |
| Значительное снижение количества импульсов – определенное тяжелое нарушение | 3 | 35-50 |
| Отсутствие накопления | 4 | менее 30 |

Количество ЖМ определяют по числу пораженных сегментов. Количественная оценка позволяет определить долю фиксации РФП в каждом сегменте (рис. 5). Сегменты, относительное накопление РФП в которых составляет менее 30%, считаются нежизнеспособными. Зоны, которые накапливают более 50%, являются жизнеспособными, в то время как сегменты с фиксацией от 30% до 50% могут трактоваться двузачно. Ряд авторов считают, что при 3-балльной оценке в таких зонах может присутствовать до 50% жизнеспособных кардиомиоцитов, метаболизм в которых крайне снижен и находится на критическом уровне [19]. В данной ситуации все зависит от тяжести и давности поражения: чем больше времени прошло с момента поражения, тем меньше в этих зонах жизнеспособных кардиомиоцитов. Таким образом, зоны миокарда с фиксацией РФП 30-50% считаются перспективными в плане частичного восстановления после ревазуляризации миокарда ЛЖ. Тем не менее при наличии таких зон необходимо получение дополнительных данных, среди которых изменения перфузии или кинеза стенки после введения нитроглицерина, ответ региональной функции в ответ на малые дозы добутамина или исследования с метаболическими препаратами (ПЭТ).

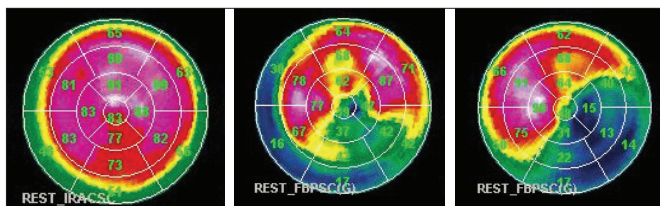


Рис. 5. Количественная оценка перфузии миокарда ЛЖ сердца в 17-сегментной модели

Левый рисунок – нормальная перфузия, средний и правый рисунки – кардиосклеротические изменения ЛЖ в задне-боковых отделах.

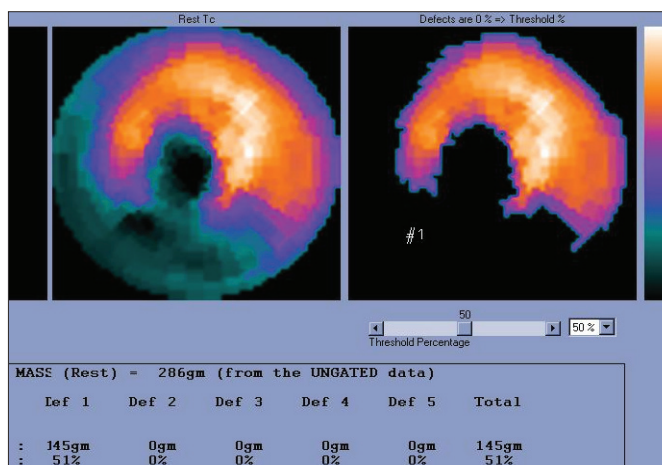


Рис. 6. Определение количества ЖМ с использованием полярных карт (граница жизнеспособности – фиксация РФП 50% и более; у пациента 51% миокарда накапливает РФП ниже установленного уровня, соответственно ЖМ – 49%)

Более точную оценку ЖМ можно провести с помощью компьютерного программного обеспечения ECToolBox и Myovation, позволяющего рассчитать количество ЖМ по сегментам с использованием полуколичественной, количественной оценок и полярных карт (рис. 6). Полярная карта является плоскостным представлением счета импульсов в каждом отделе миокарда, где верхушка располагается в центре карты, а базальные отделы – по периферии. Таким образом, мы используем количественную оценку перфузии и количества ЖМ.

На рисунке 7 представлена оценка количества ЖМ у больного К. 44 лет с диагнозом ишемической болезни сердца: постинфарктный (Q-ИМ нижнеперегородочной области) и атеросклеротический коронарокардиосклероз. По количественной оценке (левый рисунок) у пациента наблюдаются кардиосклеротические изменения в верхушке сердца, верхнеапикальном и апикальном перегородочном сегментах, а также в зоне кровоснабжения правой коронарной артерии. На среднем рисунке с использованием полярной карты доля жизнеспособного миокарда составляет 60%. На правом рисунке изображена полуколичественная оценка перфузии, где суммарный счет равен 43, что свидетельствует о тяжелом поражении большинства сегментов миокарда.

Более точную картину об эффективности ревазуляризации миокарда может дать только МСГ до и после операции. Так, на рисунке 8 представлены результаты ревазуляризации больного Б. 56 лет, у которого до ревазуляризации в зонах кардиосклероза фиксация РФП находилась на уровне 20-40%, что свидетельствовало об отсутствии ЖМ. После ревазуляризации, несмотря на небольшое количественное увеличение ЖМ (с 44% до 51%), в зонах кардиосклероза улучшились параметры перфузии и фиксация РФП составила от 30% до 55%.

Протоколы с пероральным введением нитратов при оценке ЖМ используются редко, так как все пациенты, которым показана оценка ЖМ, постоянно принимают нитраты и отменить их не всегда возможно. Однако в более простых ситуациях такой протокол применяется.

R. Sciagra и соавт. (2000) [20] предложили протоколы с использованием ^{99m}Tc-MIBI после внутривенного или перорального введения нитратов. Нитраты усиливают кровоток и соответственно поглощение РФП в зонах с выраженным стенозом. При таких исследованиях сравнивают серии двух изображений – перфузию в состоянии покоя и после введения нитропрепаратов. Изображения, синхронизированные с ЭКГ, обеспечивают дополнительную информацию о функции и могут существенно повысить точность в определении ЖМ.

ОФЭКТ, синхронизированная с ЭКГ и введением малых доз добутамина, является скинтиграфическим эквивалентом эхокардиографии с добутамином. Основная цель методики – продемонстрировать контрактильный резерв в гибернирующем миокарде.

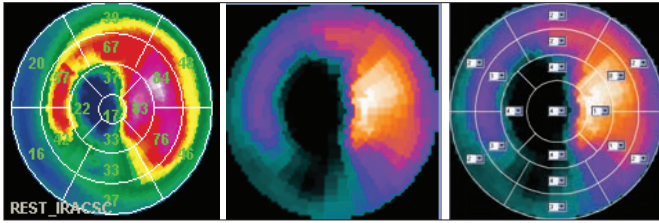


Рис. 7. Больной К. 44 лет. Диагноз: ИБС: постинфарктный (Q-ИМ ниже-перегородочной области) и атеросклеротический коронарокардиосклероз (99% стеноз ПКА в проксимальном сегменте, 80% стеноз ПМЖВ ЛКА в медиальном сегменте), аневризма ЛЖ, СН III ФК NYHA. Количество жизнеспособного миокарда 60%

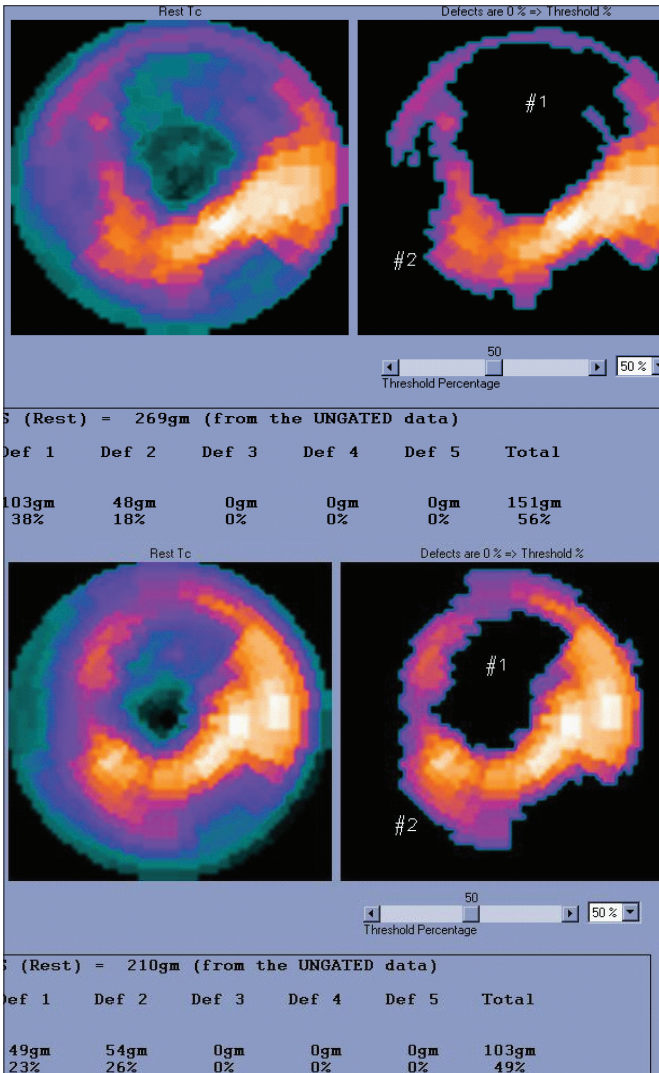


Рис. 8. Результаты МСГ у больного Б., 56 лет с диагнозом: постинфарктный кардиосклероз передней стенки, перегородки и нижнебоковых отделов ЛЖ сердца. До операции (левый рисунок) количество ЖМ 44%, после операции (правый рисунок) количество ЖМ 51%

Таким образом, инотропная стимуляция малыми дозами может вызвать улучшение сократительной способности перед увеличением потребности миокарда в кислороде. Как и при использовании

нитропрепаратов, получают две серии изображений, которые синхронизированы с ЭКГ: до введения добутинамина и после его введения в малых дозах (5 мкг/кг/мин). При этом сравнивается подвижность стенок, систолическое утолщение миокарда в пораженной зоне и ФВ. Повышение сократительной способности миокарда и ФВ на 5% и более является признаком его жизнеспособности [13].

Таким образом, МСГ – высокоинформативная, неинвазивная методика оценки количества ЖМ у больных кардиохирургического профиля и должна применяться в процессе хирургического лечения для определения его эффективности. Критерием эффективности реваскуляризации является уменьшение количества неперфузионных и гипоперфузионных сегментов в зонах постинфарктных рубцовых изменений и околорубцовых зонах миокарда.

Литература

- Алферова Т.А., Арзамасцева Г.И. Диагностические возможности стресс-ЭхоКГ // Информационно-методическое письмо. Воронеж, 2007. – 4 с.
- Беленков Ю.Н., Саидова М.А. Оценка жизнеспособности миокарда: клинические аспекты, методы исследования // Кардиология. – 1999. – № 1 – С. 6-13.
- Кундин В.Ю. Технология ОФЭКТ/КТ в практике радионуклидной диагностики // Промежуточная диагностика, промежуточная терапия. – 2007. – № 2 – С. 84-86.
- Долженко М.Н. Выполнение стресс-эхокардиографии с применением добутинамина. Оценка жизнеспособности миокарда и прогноза у больных после инфаркта миокарда // Украинский кардиологический журнал. – 1998. – № 10 – С. 66-70.
- Іванів Ю.А. Оцінка життєздатності міокарда у хворих з постінфарктним кардіосклерозом // Серцева недостатність. – 2009. – № 1. – С. 8-11.
- Саидова М.А. Современные методы диагностики жизнеспособного миокарда // Кардиология. – 2005. – Т. 45, № 9. – С. 47-54.
- Седов В.П., Алехин М.Н., Корнеев Н.В. Стресс-эхокардиография. – М.: ЗАО «Информатик», – 2000 – 152 с.
- Шумаков В.И., Остроумов Е.Н. Радионуклидные методы диагностики в клинике ишемической болезни и трансплантации сердца. – М.: Дрофа, 2003. – 224 с.
- Шумаков В.И., Казаков Э.Н., Хубутия А.Ш. и др. Ишемическая кардиомиопатия: значение оценки жизнеспособности миокарда для определения показаний к АКШ или трансплантации сердца // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 1999. – № 6. – С. 11-15.
- Afridi I., Kleiman N.S., Rainzer A.E., Zoghbi W.A. Dobutamine echocardiography in myocardial hibernation // Circulation. – 1995. – Vol. 91. – P. 663-670.
- Baer F.M., Voth E., Schneider C.A. et al. Comparison of low-dose dobutamine gradient-echo magnetic resonance imaging and positron emission tomography with [18F] fluorodeoxyglucose in patients with chronic coronary artery disease. A functional and morphological approach to the detection of residual myocardial viability // Circulation. – 1995. – Vol. 91. – P. 1006-1015.
- Baer F.M., Theissen P., Schneider C.A. et al. Dobutamine magnetic resonance imaging predicts contractile recovery of chronically dysfunctional myocardium after successful revascularization // J. Am. Coll. Cardiol. – 1998. – Vol. 31. – P. 1040-1048.
- Bax J.J., van der Wall E.E., Harbinson M. Radionuclide techniques for the assessment of myocardial viability and hibernation // Heart. – 2004. – Vol. 90 (Suppl. V). – P. 26-33.
- Di Carli M.F., Davidson M., Little R. et al. Value of metabolic imaging with positron emission tomography for evaluating prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction // Am. J. Cardiol. – 1994. – Vol. 73. – P. 527-533.
- Fricke H., Fricke E., Weise R. et al. A method to remove artifacts in attenuation-corrected myocardial perfusion SPECT introduced by misalignment between emission scan and CT-derived attenuation maps // J. Nucl. Med. – 2004. – Vol. 45. – P. 1619-1625.
- Hansen C. Digital image processing for clinicians, part III: SPECT reconstruction // J. Nucl. Cardiol. – 2002. – Vol. 9. – P. 542-549.
- Hendel R.C., Wackers F.J.T., Berman D.S. et al. Reporting of Radionuclide Myocardial Perfusion Imaging Studies // J. Nucl. Cardiol. – 2003. – № 10. – P. 705-708.
- Lloyd S.G., Gupta H. Assessment of myocardial viability by cardiovascular magnetic resonance // Echocardiography. – 2005. – Vol. 22, № 2. – P. 179-193.
- Nichols K.J., Galt J.R. Quality control for SPECT imaging. In: DePuey E.G., Berman D.S., Garcia E.V., editors. Cardiac SPECT imaging, 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. – 2001. – P. 17-40.
- Sciagra R., Pellegrini M., Pupi A. et al. Prognostic implications of Tc-99m sestamibi viability imaging and subsequent therapeutic strategy in patients with chronic coronary artery disease and left ventricular dysfunction // J. Am. Coll. Cardiol. – 2000. – Vol. 36. – P. 739-745.
- Segall G. Assessment of myocardial viability by positron emission tomography // Nucl. Med. Commun. – 2002. – Vol. 23, № 4. – P. 323-330. ■