

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель министра

_____ Р.А. Часнойть

30 октября 2009 г.

Регистрационный № 105-1009

**МЕТОД ПРОВЕДЕНИЯ ПЕРФУЗИОННОЙ ОДНОФОТОННОЙ
ЭМИССИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ БЕЗБОЛЕВОЙ ИШЕМИИ МИОКАРДА**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЯ-РАЗРАБОТЧИКИ: УО «Белорусский государственный медицинский университет», УЗ «4-я городская клиническая больница им. Н.Е. Савченко», ГУ «Республиканский научно-практический центр «Кардиология»»

АВТОРЫ: д-р мед. наук, проф. Н.П. Митьковская, В.И. Терехов, И.В. Патеюк
канд. мед. наук Е.И. Адаменко, Т.В. Статкевич, канд. мед. наук
Е.А. Григоренко, д-р мед. наук С.В. Губкин, канд. мед. наук Д.Б. Гончарик

Минск 2009

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) миокарда — неинвазивный метод диагностики, позволяющий врачу получать уникальную информацию о кровоснабжении миокарда на уровне микроциркуляторного русла у больных с различными сердечно-сосудистыми заболеваниями (в т. ч. с ишемической болезнью сердца) и выявлять широкий спектр биохимических, морфологических и функциональных изменений в миокарде. Метод ОФЭКТ в сочетании с функциональными пробами, значительно повышающими диагностическую ценность исследования, обладает высокой чувствительностью (80–90%) и специфичностью (90%) в диагностике безболевой ишемии миокарда, что делает данную методику приоритетной для выявления бессимптомной формы ИБС. ОФЭКТ является высокоинформативной методикой в определении наличия обратимой дисфункции миокарда и степени ее выраженности, в диагностике преходящих нарушений кровоснабжения миокарда, обусловленных различными причинами, прежде всего, коронарным атеросклерозом.

ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ

1. Диагностика ИБС:

- нарушения на электрокардиограмме (ЭКГ) в покое, в т. ч. маскирующие признаки ишемии миокарда

- выявленные методом суточного мониторирования ЭКГ изменения конечной части желудочкового комплекса: диагностически значимое смещение сегмента ST, депрессия ST до 1 мм, инверсия зубца T

- дифференциальный диагноз болевого синдрома в грудной клетке

- сомнительная электрокардиографическая нагрузочная проба

- высокий и умеренный риск ИБС без выраженной клинической симптоматики:

- пациенты с впервые выявленной сердечной недостаточностью

- пациенты с впервые выявленной фибрилляцией предсердий

- пациенты с впервые выявленными желудочковыми нарушениями сердечного ритма высоких градаций

2. Оценка степени тяжести ИБС:

- выявление многососудистого поражения коронарного русла

- определение объема и локализации нарушений коронарной микроциркуляции

- оценка гемодинамического влияния стенотического поражения на региональную перфузию

3. Оценка жизнеспособности миокарда:

- дифференцирование между ишемическими и рубцовыми изменениями

- прогнозирование эффекта в отношении улучшения сократительной функции после реваскуляризации

4. Оценка и стратификация риска, определение прогноза:

- после инфаркта миокарда (ИМ)

- перед большими внесердечными хирургическими вмешательствами у больных с высоким риском развития коронарных осложнений
 - оценка риска у пациентов с промежуточным риском по данным нагрузочной пробы, и промежуточным риском ИБС по Фремингемской шкале
 - оценка риска у пациентов без клинических проявлений ИБС с индексом коронарного кальция по данным мультиспиральной компьютерной томографии коронарных сосудов, равным или более 400
5. Оценка раннего и долговременного эффекта лечения:
- лекарственной терапии
 - реваскуляризации у больных с рецидивом клинической симптоматики
 - диеты и мероприятий по изменению образа жизни
6. Диагностированная или подозреваемая застойная сердечная недостаточность:
- дифференциация между ишемической и неишемической кардиомиопатией;
 - оценка функции левого желудочка.

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ

1. Беременность, кормление грудью.
 2. Противопоказания, зависящие от протокола исследования – стандартные противопоказания к проведению нагрузочных проб.
- При проведении ОФЭКТ существуют технические ограничения по весу пациента.

ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ, РЕАКТИВОВ, ПРЕПАРАТОВ, ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Радиофармпрепараты (РФП) для перфузионной ОФЭКТ миокарда

РФП — это химическое соединение, содержащее в своей молекуле определенный радиоактивный нуклид, разрешенный для введения человеку с диагностической целью. Использование РФП дает возможность количественной и качественной оценки тканевой перфузии миокарда и состояния обменных процессов в сердечной мышце. В настоящее время при проведении ОФЭКТ миокарда чаще всего используются РФП, содержащие технеций-99m (^{99m}Tc), который имеет ряд важных преимуществ перед другими радионуклидами — идеальный для сцинтиграфии энергетический спектр γ -излучения 140 кэВ, незначительное облучение обследуемого, короткий период полураспада.

Наиболее широко распространен ^{99m}Tc -комплекс для ОФЭКТ ^{99m}Tc -метоксиизобутил изонитрил (^{99m}Tc — МИБИ). Этому РФП присуще менее интенсивное по сравнению с другими изонитрильными соединениями накопление в миокарде. Однако это компенсируется более высокой скоростью клиренса ^{99m}Tc — МИБИ из крови, легких и печени, что определяет

высокие коэффициенты «сердце/легкие» и «сердце/печень». Оптимальные сцинтиграфические изображения миокарда получаются через 30–60 мин после инъекции. При этом сердце накапливает около 1,5% введенной дозы при нагрузочной пробе и 1,2% при простом исследовании в покое. Период полувыведения ^{99m}Tc — MIBI из миокарда составляет около 7 ч.

Радиодиагностическая аппаратура для ОФЭКТ

Необходимым условием проведения ОФЭКТ сердца является наличие современной γ -камеры с возможностью ротации детектора вокруг тела пациента и сопряженного со специальным компьютером, снабженным специализированным программным обеспечением по исследованию сердца.

Практически исследование сводится к двум этапам.

1. Запись серии нативных плоскостных сцинтиграмм

Для регистрации γ -излучения РФП используется метод пошаговой компьютерной томографии, которая сочетается с синхронизацией записи с R зубцом сердечного цикла. R-R интервал, фиксируемый электрокардиографом, разделяется на заданное количество равных временных фрагментов, в каждом из которых происходит регистрация γ -излучения от области миокарда. Затем производится суммация полученного изображения по аналогичным фрагментам для всех записанных R-R интервалов в каждой из проекций.

2. Компьютерная реконструкция томографических срезов

Позволяет совместно с перфузией стенки левого желудочка определять параметры его сократительной функции, в т. ч.: конечно-систолический и конечно-диастолический объемы, величину общей и регионарной фракций выброса, подвижность сердечной стенки, фазовые характеристики и систолическое утолщение.

Подготовка пациента

Исследование проводится натощак. За двое суток до исследования исключается употребление следующих продуктов: напитки, содержащие Cola (кока-кола, пепси-кола и др.), шоколад, бананы, чай, кофе, какао.

Перед исследованием пациент должен предоставить следующую медицинскую документацию:

- 1) направление на исследование с указанием его цели
- 2) выписки из предыдущих историй болезни либо историю болезни, если пациент в настоящее время находится на стационарном лечении
- 3) электрокардиограмму не более чем 3-дневной давности

Необходима информация обо всех медикаментах, которые назначались пациенту в течение последней недели, случаях непереносимости лекарственных препаратов. Особого внимания требует информация о приеме следующих лекарств: дипиридамол, никотиновая кислота, пентоксифиллин, аминофиллин, препараты из группы β -блокаторов (атенолол, метопролол, бисопролол и их аналоги), антагонисты кальция (нифедипин, дилтиазем, верапамил, амлодипин и их аналоги), нитраты (нитроглицерин, изосорбида динитрат и мононитрат и их аналоги), препараты, содержащие кофеин.

Невыполнение перечисленных условий не приведет к возникновению осложнений или побочных явлений в ходе процедуры, но значительно снизит ее информативность, а иногда может привести к ложным результатам.

Доза вводимого радиоактивного вещества строго соответствует существующим рекомендациям для данного типа исследований и тщательно контролируется персоналом с помощью соответствующего оборудования. Радиоактивное вещество быстро выводится из организма естественным путем. Тем не менее, для снижения лучевой нагрузки в течение суток рекомендуется обильное питье (сразу по завершении процедуры, во время ожидания заключения можно выпить, если к этому нет противопоказаний, 1 л минеральной воды). Если больной страдает запорами, по завершении исследования необходимо принять привычное слабительное или послабляющий чай.

Методика ОФЭКТ миокарда

Метод основан на оценке распределения внутривенно введенного РФП в сердечной мышце, который включается в неповрежденные кардиомиоциты пропорционально метаболизму и коронарному кровотоку. Таким образом, распределение РФП в миокарде отражает распределение коронарного кровотока. Области миокарда с нормальным кровоснабжением создают картину равномерного распределения РФП. Области миокарда с ограниченным коронарным кровотоком вследствие различных причин определяются как области со сниженным включением РФП, т. е. дефекты перфузии. ОФЭКТ миокарда является методом, предназначенным для выявления областей относительного или абсолютного снижения кровотока вследствие ишемии или рубцового повреждения миокарда. Наиболее ценным для ОФЭКТ миокарда является возможность проведения исследования в сочетании с различными нагрузочными пробами. Именно это позволяет визуализировать области преходящей ишемии миокарда, спровоцированные этими нагрузочными тестами, дифференцировать ишемическое и рубцовое повреждение миокарда и оценивать состояние резерва дистальных отделов коронарного русла. Следует твердо помнить, что у больных, способных выполнить нагрузочную пробу, предпочтительнее исследование с нагрузкой. Для оценки перфузии миокарда применяются преимущественно два типа фармакологических нагрузочных проб: тесты с физической нагрузкой на тредмиле или велоэргометре; фармакологические стресс-тесты двух типов: с фармакологическими препаратами, вызывающими вазодилатацию (дипиридамол, аденозин) и приводящими к коронарной гиперемии; с инохронотропными адренергическими препаратами (добутамин, арбутамин), увеличивающими потребность миокарда в кислороде. В ряде случаев используют пробу с нитроглицерином (с целью дифференциации жизнеспособного миокарда) и пробу с эргометрином (с целью выявления вазоспастического компонента в генезе ангинозных приступов). Проба с чреспищеводной электрической стимуляцией предсердий применяется как альтернатива пробе с физической нагрузкой и фармакологической вазодилатации.

Велоэргометрия и тредмил-тест

Велоэргометрия (ВЭМ) наиболее распространенный нагрузочный тест. Увеличение артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) при ВЭМ вызывает кислород-зависимую дилатацию венечных артерий, при этом в интактных сосудах коронарный кровоток увеличивается в 2,5–3 раза по сравнению с исходным уровнем, а в пораженных участках это повышение существенно меньше. Хотя проба с физической нагрузкой является одной из самых безопасных методик, минимальная вероятность осложнений при ее проведении все же существует, поэтому выполнять тест следует при постоянном мониторинговании ЭКГ и АД, имея под рукой все средства экстренной кардиологической помощи, включая готовый к использованию дефибриллятор.

Пробы с физической нагрузкой не следует проводить больным с нестабильной стенокардией, лицам, у которых в процессе выполнения указанных тестов уже возникали те или иные осложнения, а также пациентам с наличием аортальных стенозов. Относительными противопоказаниями для проведения этих проб являются недавно перенесенный ИМ и выраженная стенокардия напряжения.

Между пробой на тредмиле и велоэргометре существуют как физиологические, так и практические различия. Существенным преимуществом тредмил-теста является то, что для всех больных идти или бежать по движущейся дорожке проще и удобнее, чем крутить педали велоэргометра. При выполнении нагрузки на тредмиле, как правило, достигается более высокая ЧСС, чем на велоэргометре, поскольку усталость ног является частой причиной прекращения нагрузки при велоэргометрии, особенно у ослабленных и пожилых людей.

При выполнении велоэргометрического теста нагрузку начинают с 50 Вт и увеличивают на 50 Вт каждые 3 мин. В начале и в конце каждой ступени нагрузки измеряют АД и регистрируют ЭКГ в грудных отведениях. Тест выполняется до появления одного из критериев прекращения пробы. Инъекцию РФП выполняют на пике физической нагрузки.

Дипиридамовый тест

Дипиридамо́л известен как мощный и достаточно селективный дилататор коронарных артерий, но его применение сопровождается гиперемией кожи и кишечника. Механизм возникновения дипиридамо́л-индуцированной ишемии в зонах кровоснабжения стенозированной артерии достаточно сложен и связан с тремя факторами.

Во-первых, увеличение кровотока через стенозированную магистральную артерию приводит к снижению перфузионного давления в дистальной части сосуда. В результате развивается субэндокардиальная ишемия.

Во-вторых, вследствие общей коронарной вазодилатации и снижения перфузионного давления уменьшается кровоток через коллатерали, участвующие в кровоснабжении зон ишемии.

В-третьих, некоторое снижение системного АД и возникающая при этом рефлекторная тахикардия вызывает увеличение потребности миокарда в кислороде.

Для выполнения нагрузочного теста используют инъекционные формы дипиридамола.

Примерно в 20% случаев после инъекции дипиридамола больные могут отмечать появление загрудинных болей, общее ухудшение состояния, что связано с побочными эффектами препарата. В этих ситуациях рекомендуется использование 75–250 мг эуфиллина, внутривенно медленно, так как он является специфическим антагонистом взаимодействия аденозина и пуриновых рецепторов, снимая все побочные эффекты дипиридамола.

Противопоказанием для выполнения дипиридамолового теста является бронхиальная астма, нестабильная стенокардия. В ряде случаев введение дипиридамола провоцирует возникновение желудочковой экстрасистолии.

По своей чувствительности и специфичности в выявлении ИБС дипиридамоловый тест не уступает пробе с физической нагрузкой.

Аденозиновый тест

Основным преимуществом этого препарата является его быстрый метаболизм в плазме крови, что позволяет минимизировать вероятность развития осложнений. Внутривенное введение аденозина в дозировке 0,14 мг/кг/мин вызывает снижение АД, влекущее за собой тахикардию, и максимальное или субмаксимальное увеличение миокардиального кровотока примерно в 4 раза. В процессе нагрузочного теста аденозин инфузируют в течение 4 мин (0,14/кг/мин), на 5-й мин вводится РФП для перфузионной сцинтиграфии миокарда.

Побочные эффекты — загрудинные и головные боли, покраснение лица, в отдельных случаях могут появиться признаки атриовентрикулярной блокады.

Преимущество использования аденозинового теста при однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда, помимо его безопасности определяется также высокой чувствительностью и специфичностью этой пробы в выявлении ИБС до 90%.

Добутаминовый тест

Добутамин — бета-агонист, увеличивает потребность миокарда в кислороде, вызывая тахикардию и транзиторную гипертензию. Моделируя состояние, возникающее у пациентов в повседневной жизни, добутаминоый тест является более физиологичным по сравнению с фармакологическими нагрузочными пробами, приведенными выше.

За 48 ч перед исследованием следует отменить β -блокаторы. Пробу с добутамином начинают с введения препарата в дозе 5 мкг/кг/мин, увеличивая дозировку каждые 2 мин на 5 мкг/кг/мин до достижения 40 мкг/кг/мин.

Кроме увеличения потребности миокарда в кислороде важную роль в развитии механизма ишемии после введения добутамина играют такие факторы, как повышение напряжения миокарда в связи с возрастанием доли систолы во временной структуре сердечного цикла и снижение

перфузионного давления дистальнее стеноза, вызванное ускорением венечного кровотока.

Тест противопоказан больным с аортальным стенозом и нестабильной стенокардией.

Нитроглицериновый тест

Нитроглицериновый тест с сублингвальным приемом нитроглицерина, является высокоинформативными методикой выявления жизнеспособного миокарда. В качестве диагностики «спящего» и «оглушенного» миокарда в областях постинфарктного кардиосклероза и может быть использован для прогноза восстановления их сократимости после реваскуляризации. Необходимо отметить, что значительное улучшение сократительной функции миокарда происходит не только за счет гиперкинезии сегментов с нормальной сократимостью, но также и за счет активации участков сердечной мышцы с исходно нарушенным кинезом. Положительная динамика наблюдается в случае, если нарушения контрактильных свойств обратимы и сегменты содержат дисфункциональный жизнеспособный миокард. Пробу проводят с 2 таблетками (1 мг) нитроглицерина за 5 мин до введения РФП.

Чреспищеводная электрическая стимуляция сердца

Чреспищеводная электрическая стимуляция сердца (ЧПЭС) — неинвазивный метод исследования, который используется для диагностики скрытой коронарной недостаточности у больных ИБС. Проба с ЧПЭС предсердий применяется как альтернатива пробе с физической нагрузкой и фармакологической вазодилатации.

Сущность метода заключается в регулируемом увеличении ЧСС путем навязывания искусственного ритма электрической стимуляцией предсердий. Регулируемое увеличение ЧСС значительно повышает работу сердца и потребность миокарда в кислороде, что в условиях лимитированного коронарного кровотока у больных ИБС может приводить к развитию приступа стенокардии и/или появлению на ЭКГ ишемических изменений.

Чувствительность метода ЧПЭС для диагностики ИБС несколько ниже, чем теста с дозированной физической нагрузкой, поскольку степень увеличения потребности миокарда в кислороде при искусственном навязывании ритма сердечных сокращений существенно меньше, чем при физической нагрузке.

ЧПЭС противопоказана при заболеваниях пищевода, а также при наличии перманентной формы фибрилляции предсердий, атриовентрикулярной блокады II–III степени, блокады левой ножки пучка Гиса и синдрома WPW.

Протокол проведения перфузионной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда

При выполнении однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда, пациент располагается на томографическом столе γ -камеры (γ -томографа), лежа на спине с закинутыми за голову обеими руками для предотвращения экранирования миокарда (при вращении детектора на

360°) или только левой рукой (при вращении на 180°). Такое положение не очень удобно для больных пожилого возраста, однако в течение 20–25 мин, необходимых для исследования, переносится удовлетворительно. Подушечка, подложенная под колени больного, делает это положение более комфортным и позволяет предотвращать движение тела во время исследования.

Причинами артефактов, а следовательно, «ложноположительных» результатов может явиться смещение больного во время сцинтиграфии, а также те или иные структуры, расположенные между гентри γ -камеры и миокардом: металлические предметы, расположенные в карманах, ткань молочной железы у женщин и диафрагма у лиц гиперстенического телосложения. Для предотвращения экранирования сердца молочной железой исследование можно проводить в положении пациентки «лежа на животе». В этом случае качество изображения несколько снижается, однако за счет равномерного распределения экранирующей ткани уменьшается вероятность получения артефактов. Другим методическим приемом, позволяющим равномерно распределить ткань молочных желез и предотвратить появление «ложноположительных» результатов, является стягивание грудной клетки полоской материи.

Важным условием успешного проведения однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда является отмена приема пищи, как минимум, за 4 ч до исследования. Это необходимо для того, чтобы избежать подъема диафрагмы у больного и появления артефактов.

Для получения качественного изображения миокарда гентри γ -камеры должен располагаться максимально близко к грудной клетке. Для хорошей визуализации достаточным бывает оборот на 180° с радиусом вращения гентри 35 см и регистрацией излучения в 32 проекциях, начиная с правой передней косой, в матрицу 64×64 пикселя. Время экспозиции на одну проекцию составляет 30 с.

Интерпретация результатов ОФЭКТ миокарда

При описании результатов исследования необходимо отметить:

- общее качество исследования;
- размеры правого и левого желудочка в покое и при нагрузке;
- описание дефектов перфузии (размеров, обратимости, глубины, локализации);
- функцию левого желудочка (глобальную и регионарную);
- внесердечную активность.

Области с нарушенным накоплением РФП, остающиеся неизменными в обе фазы исследования (покой и нагрузка) — стойкие дефекты перфузии, — могут соответствовать зонам некроза или рубцовых изменений. Дефекты накопления, которые полностью или частично исчезают на повторных изображениях, — обратимые дефекты перфузии — обычно отражают обратимую ишемию миокарда. Для оценки результатов исследования обычно используют 10-, 17- или 20-сегментарную модель изображения сердца (рис.).

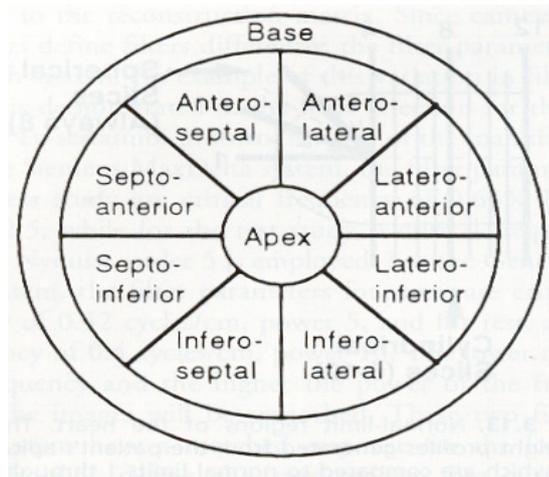


Рис. 10-сегментарная модель сердца для оценки кровообращения различных областей левого желудочка

Отличительной чертой методов ядерной кардиологии является их функциональность. Сцинтиграммы сердца способны отражать физиологические и патофизиологические изменения, происходящие в миокарде. В настоящее время способы радионуклидной индикации занимают одну из ведущих позиций в диагностике ИБС. В первую очередь это относится к ОФЭКТ миокарда, поскольку нарушение коронарного кровообращения является основным звеном патогенеза указанного заболевания. Благодаря высокой информативности и неинвазивности сцинтиграфического исследования сердца количество таких процедур в мировой практике удваивается, опережая динамику роста других инструментальных исследований в кардиологии.