



РАДИОНУКЛИДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПЕРФУЗИИ МИОКАРДА

Давлетьяров Д.Г.¹,
Нурмухаммедов Д.Б.¹,
Усманов Л.Х.¹,
Алмурадов Ф.Ф.¹,
Алиханова Н.М.¹,
Мусаханова Ч.Б.¹

Республиканский специализированный научно-практический
медицинский центр эндокринологии имени Ё.Х. Туракулова, г.

Ташкент, Узбекистан. Адрес: Узбекистан, г. Ташкент, ул.

Мирзо-Улугбека, д. 56.

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7714707>

ARTICLE INFO

Received: 01st March 2023

Accepted: 09th March 2023

Online: 10th March 2023

KEY WORDS

Радионуклидная
диагностика, Ишемической
болезни сердца,
Перфузионная
сцинтиграфия,
Радионуклидная
вентрикулография.

ABSTRACT

Радионуклидная диагностика (синоним:
радиоизотопная диагностика) - лучевое
исследование, основанное на использовании
соединений, меченных радионуклидами. В качестве
таких соединений применяют разрешенные для
введения человеку с диагностической и лечебной
целью радиофармацевтические препараты (РФП) -
химические соединения, в молекуле которых
содержится определенный радионуклид.

Для выполнения радионуклидного исследования используют специальный аппарат (гамма-камеру), который формирует изображения после введения радиоактивного препарата. Этот тест проводится для оценки

- Заболевания клапанов сердца
- Кардиомиопатия
- Врожденных заболеваний сердца
- Ишемической болезни сердца (ИБС)
- Других заболеваний сердца

Радионуклидный метод в той же степени, что и сопоставимые методы компьютерной томографии (КТ), несет лучевую нагрузку на пациента. Следует помнить, что, поскольку радиоактивный агент непродолжительное время сохраняется в теле человека, высокочувствительные датчики, улавливающие радиацию (например, в аэропортах), могут реагировать на пациента в течение нескольких дней после исследования

Для выполнения радионуклидного исследования используют специальный аппарат (гамма-камеру), который формирует изображения после введения радиоактивного препарата. Этот тест проводится для оценки

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ).



Планарная технология, которая воспроизводит 2-мерное изображение, используется редко; ОФЭКТ (SPECT), который использует вращающуюся систему камер и томографической реконструкции для получения 3-мерного изображения, является более распространенным в Соединенных Штатах. При использовании многопозиционных систем ОФЭКТ изображение может быть получено в течение ≤ 10 минут и даже быстрее. Визуальное сравнение изображений, зарегистрированных при нагрузке и в покое, может выполняться при наличии качественных дисплеев. При помощи ОФЭКТ можно визуализировать следующее:

- повреждения нижней и задней стенок сердца
- мелкие зоны некроза
- сосуды, угрожающие развитием ИМ

Кроме того, есть возможность оценить объемы некротизированного и жизнеспособного миокарда, что важно для прогнозирования течения заболеваний.

Перфузионная сцинтиграфия

Таким образом, зоны сниженного поглощения соответствуют участкам существенной или полной ишемии. Для получения изображений, отражающих кровоснабжение миокарда, используют тот факт, что миокард поглощает введенный в кровоток радионуклид пропорционально активности его кровоснабжения.

К возникновению ложноположительных результатов может приводить видимое ослабление активного накопления миокардом за счет окружающих сердце мягких тканей. У женщин часто происходит искажение за счет ткани молочных желез. Диафрагма и содержимое брюшной полости может имитировать выраженные дефекты кровоснабжения в нижней стенке сердца у лиц обоих полов, однако это чаще происходит у мужчин. Такие дефекты чаще встречаются при использовании технеция-99m (^{99m}Tc), чем при использовании радиоактивного таллия (Tl-201).

Показания

- Визуализация перфузии миокарда используется с нагрузочными тестами для
- Оценки состояния пациентов с болью в грудной клетке неясного происхождения
- Оценки функциональной значимости стеноза коронарной артерии, обнаруженного при ангиографии
- Оценки функциональной значимости коллатеральных сосудов, обнаруженных при ангиографии
- Оценки успешности реперфузионных вмешательств (например, аортокоронарного шунтирования [АКШ], чрескожного вмешательства, тромболитика)

Оценка прогноза после инфаркта миокарда После острого инфаркта миокарда перфузионная сцинтиграфия помогает уточнить прогноз, поскольку позволяет оценить степень нарушений кровоснабжения, возникших в результате инфаркта миокарда, зоны нарушенного кровообращения в области рубцов, связанные с перенесенными ранее инфарктом, а также резидуальную периинфарктную зону или другие области обратимой ишемии.

Протоколы и радиофармацевтические средства

Используются различные протоколы в зависимости от радиофармацевтического средства, которые включают



Радиоактивный таллий-201 (Tl-201)

Содержащие технеций-99m (Tc-99m) маркеры (сестамиби, тетрофосфин и тебороксим)

Меченные йодом-123 (I-123) жирные кислоты

I-123-метайодбензилгуанидин (МИБГ)

Радиоактивный таллий - 201 (Tl-201), действующий как аналог калия, был первым препаратом, использовавшимся в стресс-тестах. Его вводят на высоте нагрузки, выполняют гамма-томографию (ОФЭКТ), затем через 4 часа пациенту вводят половину начальной дозы препарата и повторно выполняют исследование в покое. Главная задача данного протокола состоит в выявлении зон обратимых нарушений кровоснабжения как показаний для инвазивных методов лечения. По окончании стресстеста различия в накоплении изотопа Tl-201 в зоне кровоснабжения нормальной коронарной артерии и артерии, имеющей стенотические участки, проявляются как выраженные снижения накопления Tl в зонах сниженной перфузии, связанных с пораженной артерией. Чувствительность стресс-теста с Tl-201 при ишемической болезни сердца одинакова как для нагрузочного, так и для фармакологического стресс-тестов.

Был разработан ряд маркеров перфузии миокарда, содержащих технеций-99m (Tc-99m), поскольку визуализационные особенности Tl-201 не идеальны для гамма-камеры. Маркеры включают сестамиби (используется чаще всего), тетрофосмин и тебороксим (см. таблицу Исследование перфузии миокарда с помощью меченых технецием-99m (Tc-99) маркеров). Протоколы включают: двухдневный протокол – нагрузка-покой, однодневный – покой-нагрузка и однодневный – нагрузка-покой. Некоторые протоколы предполагают одновременное использование 2-х изотопов (Tl-201 и Tc-99m), однако данные методики дорогостоящи. При использовании любого из этих изотопов чувствительность составляет около 90%, специфичность – около 71%.

При двухдневном протоколе сцинтиграфию в покое можно отменить, если изначально во время стресс-теста не выявлено зон измененной перфузии. При использовании высоких доз Tc-99m (> 30 милликюри) одновременно с перфузией можно исследовать и насосную функцию сердца (выполнение вентрикулографии).

В исследовании можно использовать другие радионуклиды: меченные йодом-123 (I-123) жирные кислоты обеспечивают появление «холодных зон» в зонах ишемии миокарда; цитрат галлия-67 (Ga-67) накапливается в зонах активного воспаления (например, при острой воспалительной кардиомиопатии); и I-123 метайодбензилгуанидин – аналог нейротрансмиттеров, поглощаемый и задерживающийся в нейронах симпатической нервной системы, используется в обследованиях с возможными сердечной недостаточностью, сахарным диабетом, феохромоцитомой, некоторыми аритмиями и аритмогенными дисплазиями правого желудочка.

Инфаркт-специфичная сцинтиграфия

Сцинтиграфия, специфичная для инфаркта миокарда, предполагает использование меченых маркеров, избирательно накапливающихся в зонах поврежденного миокарда, таких как Tc-99m пиррофосфат и антимиозин (антитела к



кардиальному миозину, меченные индием-111 [In-111]). Зоны обычно становятся видимыми через 12–24 часов после острого инфаркта миокарда и сохраняются до 1 недели. В дальнейшем они могут оставаться позитивными, если некроз миокарда продолжал развиваться после инфаркта миокарда, а также при формировании аневризмы. Использование данной методики в настоящее время ограничено, поскольку существуют другие более быстрые и менее дорогие диагностические тесты инфаркта миокарда (например, определение содержания биологических маркеров), а также в силу того, что данное исследование не позволяет оценить другие прогностические показатели, кроме размера инфарктной зоны.

Tc-99m пирофосфат в настоящее время используется аналогичным образом для оценки поражения сердца: транстиретин амилоидозом (тип амилоидоза, при котором слои неправильно свернутого транстиретинового белка могут накапливаться в тканях, включая сердце). Отложения транстиретин-амилоида в миокарде особенно хорошо обнаруживаются при использовании Tc-99m пирофосфата. Отсутствие в результатах анализов сыворотки крови и мочи признаков амилоидоза легких цепей (который также может инфильтрировать миокард) или недавний инфаркт, высокий показатель метаболизма миокарда специфичны для транстиретинового амилоидоза сердца и могут устранить необходимость в биопсии миокарда.

Радионуклидная вентрикулография

Радионуклидную вентрикулографию применяют для исследования функционирования желудочков. Она позволяет оценить фракцию выброса в покое и во время нагрузки у пациентов с поражением коронарных артерий, патологическими изменениями клапанов сердца, врожденными пороками сердца. Некоторые клиницисты используют данную методику для серийной оценки функций желудочков у больных, получающих кардиотоксичные противоопухолевые препараты (например, антрациклины). Нужно отметить, что в настоящее время радиоизотопную вентрикулографию существенно вытеснила эхокардиография, которая дешевле, не предполагает радиоактивного излучения и теоретически позволяет измерить фракцию выброса достаточно точно.

Эритроциты, меченные Tc-99m, вводят внутривенно. Функция левого желудочка (ЛЖ) и правого желудочка (ПЖ) могут быть оценены.

Исследование первого прохождения (оценка от удара к удару).

Синхронизированная (синхронизированная с электрокардиографией [ЭКГ] визуализация пула крови в течение нескольких минут (радиоизотопная вентрикулография [MUGA])

Исследование можно выполнять как во время периода покоя, так и во время нагрузки. Исследование первого прохождения бывает очень быстрым и сравнительно несложным, однако МСС создает лучшее изображение и используется более широко.

При исследовании первого прохождения анализируют 8–10 сердечных циклов, во время которых введенный препарат смешивается с кровью и проходит в общую циркуляцию. Данная методика наилучшим образом отражает функции ПЖ и наличие внутрисердечного шунтирования крови.



При МСС изображение при ЭКГ синхронизируют с зубцом R. Множественные изображения получают в течение коротких отрезков каждого сердечного цикла в течение 5–10 минут. Компьютерная обработка позволяет получить изображение выталкиваемого потока крови в каждый момент сердечного цикла усредненной формы и объединить эти изображения в фильм, демонстрирующий сердечные сокращения.

МСС позволяет определить некоторые показатели функций желудочка, такие как региональная подвижность стенки, фракция выброса (ФВ), отношение ударного объема к конечному диастолическому объему, уровни наполнения и выброса, объем ЛЖ, индексы объемной перегрузки (например, соотношение ударных объемов ЛЖ и ПЖ). Наиболее часто используют значение ФВ.

МСС, выполняемая в покое, потенциально не создает риска. Этот метод используют для последовательного изучения функций ПЖ и ЛЖ при различных заболеваниях (таких как пороки клапанов), мониторингования больных, получающих потенциально кардиотоксичные препараты (например, доксорубин), уточнения эффективности проведенной ангиопластики, АКШ, тромболитика и других манипуляций у больных ИБС или инфарктом миокарда. При аритмиях данный метод не показан, поскольку при нарушениях ритма может не наблюдаться достаточное количество нормальных сердечных циклов, необходимых для проведения исследования.

Левокордиография

Радионуклидная ангиография служит эффективным методом диагностики аневризм левого желудочка, чувствительность и специфичность составляет > 90% при типичных передних и передневерхушечных истинных аневризмах. Общепринятая методика исследования выталкиваемого потока крови значительно хуже визуализирует аневризмы задненижней стенки ЛЖ, чем передней и боковой стенок. В этом случае рекомендуют получать дополнительные изображения. Полипозиционная ОФЭКТ занимает больше времени (около 20–25 минут при использовании многофокусных камер), чем одноплановое исследование (5–10 минут), однако позволяет визуализировать все отделы желудочка.

Правая вентрикулография

МСС используется для уточнения функций правого желудочка и показана пациентам с заболеваниями легких или нижним инфарктом миокарда левого желудочка с возможным распространением на правый желудочек. В норме фракция выброса правого желудочка (от 40 до 55% по большинству методик) ниже, чем фракция выброса левого желудочка. Данный показатель снижается у многих пациентов с легочной гипертензией и больных с ИМ ПЖ или кардиомиопатией, поражающей ПЖ. Для идиопатической кардиомиопатии обычно характерно вовлечение обоих желудочков в отличие от типичной ишемической болезни сердца, при которой дисфункция левого желудочка выражена в большей степени, чем правого желудочка.

Оценка клапанов



При проведении МСС можно использовать протокол «покой-стресс» для выявления патологии клапанов, приводящих к объемной перегрузке левого желудочка. При наличии аортальной регургитации уменьшение ФВ в покое или отсутствие ее нарастания при нагрузке – признак истощения функционального резерва сердца, он может свидетельствовать о необходимости протезирования клапанов. При наличии регургитации на любом из клапанов МСС используют для расчета объема регургитации. В норме ударный объем обоих желудочков одинаков. В то же время у больных с регургитацией на клапанах левых отделов сердца ударный объем ЛЖ превышает таковой правого желудочка пропорционально фракции регургитации. Таким образом, если ПЖ в норме, фракцию регургитации ЛЖ можно высчитать из соотношения ударных объемов ЛЖ и ПЖ.

Обследование шунта

При наличии МСС и доступного компьютерного обеспечения размер врожденных шунтов можно определить через показатель отношения ударных объемов или во время исследования первого прохождения препарата получением отношения патологического раннего появления препарата в сосудах легких к общей накопительной способности сосудистого русла легких.

References:

1. Hevesy G. The Absorption and Translocation of Lead by Plants: A Contribution to the Application of the Method of Radioactive Indicators in the Investigation of the Change of Substance in Plants. *Biochem J.* 1923;17(4-5):439-45. doi: 10.1042/bj0170439
2. Blumgart HL, Yens OC. Studies on the velocity of blood flow: I. The Method Utilized. *J Clin Invest.* 1927;4(1):1-13. doi: 10.1172/JCI100106
3. Patton DD. The birth of nuclear medicine instrumentation: Blumgart and Yens, 1925. *J Nucl Med.* 2003;44(8):1362-5.
4. Hahn LA, Hevesy GC, Lundsgaard EC. The circulation of phosphorus in the body revealed by application of radioactive phosphorus as indicator. *Biochem J.* 1937;31(10):1705-9. doi: 10.1042/bj0311705
5. Hahn LA, Hevesy GC, Rebbe OH. Do the potassium ions inside the muscle cells and blood corpuscles exchange with those present in the plasma? *Biochem J.* 1939;33(10):1549-58. doi: 10.1042/bj0331549
6. Бочкарев В.В., Брежнева Н.Е., Кулиш Е.Е. Прогресс в области получения и производства изотопов. *Атомная энергия.* 1969;26(2):106-14
7. McKillop JH. Thallium 201 scintigraphy. *West J Med.* 1980;133(1):26-43.
8. Чазов Е.И., Крамер А.А., Эвентов А.З., и др. Прямая визуальная диагностика острого инфаркта миокарда с пирофосфатом ^{99m}Tc . *Терапевтический архив.* 1977;49(6):12-6