**Перфузионная сцинтиграфия и ОЭКТ миокарда\***

**Методические рекомендации**

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

99mТс-МИБИ – технеций-99m-метоксиизобутилизонитрил

AC – коррекция поглощения излучения (attenuation correction)

FBP – алгоритм обратных проекций с фильтрацией (filtered back-projection)

LEHR – низкоэнергетический коллиматор высокого разрешения (Low Energy High Resolution)

LEGP – низкоэнергетический коллиматор общего назначения (Low Energy General Purpose)

MLEM – итеративный алгоритм ожидаемой максимизации максимального правдоподобия

OSEM – итеративный алгоритм ожидаемой максимизации упорядоченных подмножеств

RE – площадь обратимых дефектов перфузии (reversibility extent)

SDS – разность сумм баллов при нагрузке и в покое (Summed Difference Score)

SRS – суммарное количество баллов в покое (Summed Rest Score)

SSS – суммарное количество баллов при нагрузке (Summed Stress Score)

АД – артериальное давление

ИБС – ишемическая болезнь сердца

КА – коронарные артерии

КТ – компьютерная томография

КДО – конечно-диастолический объем (EDV)

КСО – конечно-систолический объем (ESV)

кэВ – килоэлектронвольт (единица измерения энергии)

ЛЖ – левый желудочек

ЛЗК – левая задняя косая проекция

ОА – огибающая артерия

ПЖ – правый желудочек

ПКА – правая коронарная артерия

ПНА – передняя нисходящая артерия

ППК – правая передняя косая проекция

мЗв – миллизиверт (единица измерения эффективной дозы)

мКи – милликюри (единица измерения радиоактивности)

мГр – миллигрэй (единица измерения поглощенной дозы излучения)

МБк – мегабеккерель (единица измерения радиоактивности)

ОЭКТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография (SPECT)

ППК – правая передняя косая проекция

РФП – радиофармпрепарат

С-ОЭКТ – ОЭКТ, синхронизированная с ЭКГ

ЧСС – частота сердечных сокращений

ЭКГ – электрокардиография

ФВ – фракция выброса левого желудочка (ejection fraction, EF)

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время технологии радионуклидной диагно-

стики развиваются ускоренными темпами, благодаря совер-

шенствованию аппаратной части гамма-томографов и появ-

лению новых радиофармацевтических препаратов (РФП). При

создании данных рекомендаций авторы ставили перед собой

цель продемонстрировать современные достижения радиону-

клидной диагностики в кардиологии, объединив собственный

многолетний опыт и материал зарубежных рекомендаций.

2. ОПИСАНИЕ МЕТОДА

ПЕРФУЗИОННОЙ СЦИНТИГРАФИИ МИОКАРДА

Метод перфузионной сцинтиграфии миокарда на сегод-

няшний день является наиболее востребованным в ядерной

кардиологии. Метод предполагает внутривенное введение

радиофармпрепарата и основан на оценке его включения и

распределения в миокарде, которое происходит пропорцио-

нально коронарному кровотоку. Таким образом, выявляются

области относительного или абсолютного снижения крово-

тока вследствие ишемии различного генеза, очагово-рубцо-

вого, воспалительного или дегенеративного повреждения

левого желудочка (ЛЖ). Оценка перфузии может проводить-

ся в покое, однако наибольшая информативность метода до-

стигается при сопоставлении исследований в покое и после

нагрузочных проб (физических или фармакологических). Вы-

полнение исследования с ЭКГ-синхронизацией (С-ОЭКТ) дает

возможность получать информацию о сократимости миокар-

да, выявлять зоны гипокинезии, акинезии или дискинезии

ЛЖ, получать количественные параметры систолической и

диастолической функции.

3. ПОКАЗАНИЯ К ИССЛЕДОВАНИЮ

Диагностические возможности перфузионной сцинтигра-

фии миокарда включают:

— Выявление и дифференциальную диагностику стабиль-

ной и преходящей ишемии миокарда, с точностью, превыша-

ющей возможности стресс-ЭКГ

— Локализацию, оценку распространенности и глубины

рубцовых и фиброзных повреждений миокарда

— Оценку жизнеспособности миокарда (например, при

гибернации)

— Оценку сократительной функции миокарда (при ЭКГ-

синхронизации)

Основные показания и клинические ситуации, требующие

проведения перфузионной сцинтиграфии миокарда:

— Ишемическая болезнь сердца

- подозреваемая, у пациентов низкого риска: выявление

стабильных или преходящих дефектов перфузии миокарда

при подозрении на наличие значимых стенозов коронарных

артерий, отбор пациентов на коронарографию

- диагностированная, у пациентов высокого риска: оцен-

ка влияния выявленного атеросклеротического поражения и

стенозов коронарных артерий на перфузию миокарда, оценка

целесообразности и объема планируемого чрескожного ко-

ронарного вмешательства, определение симптом-связанной

коронарной артерии

- динамическое наблюдение и оценка эффекта от медика-

ментозной терапии и вмешательств

- прогноз и стратификация риска при хронической ИБС

- при подозрении на перенесенный инфаркт миокарда:

оценка реперфузии, прогноз перед дальнейшими вмешатель-

ствами убольных высокого риска

— Другие клинические ситуации

- оценка состоятельности функции сердца перед сложны-

ми операциями (в т.ч. онкологическими)

- дифференциальный диагноз между ишемической и иди-

опатической кардиомиопатией

- проведение дифференциального диагноза между ко-

ронарной и некоронарной этиологией острого болевого син-

дрома в грудной клетке у больных в отделении неотложной

терапии и реанимации (при невозможности выполнения ком-

пьютерной томографии)

- оценка состояния перфузии и сократительной функции

миокарда при сердечной недостаточности

- оценка сократимости ЛЖ при сомнительных результатах

эхокардиографии

ПОДГОТОВКА ПАЦИЕНТА К ИССЛЕДОВАНИЮ

5. РАДИОФАРМПРЕПАРАТЫ

Перфузионная сцинтиграфия и ОЭКТ миокарда – трудоем-

кое исследование, требующее согласованной работы несколь-

ких медицинских специалистов (радиологов, кардиологов,

специалистов по функциональной диагностике), среднего ме-

дицинского персонала, радиохимиков и инженеров. Поэтому

назначение этого исследования должно быть обосновано, а

само исследование должно выполняться по предварительной

записи. Пациент должен быть информирован о дате и времени

планируемого исследования, а также, в определенных случа-

ях, о необходимости подготовки к исследованию. Необходимо

заранее разъяснить пациенту процедуру исследования, чтобы

на этом этапе выявить его целесообразность, оценить вероят-

ность получения недостаточно информативных результатов, и

удостовериться в отсутствии противопоказаний, в том числе к

выполнению нагрузочной пробы (см. раздел 6.1). Необходимо

предоставить пациенту информацию о вводимом РФП: о его

безопасности, низкой лучевой нагрузке, отсутствии возмож-

ных аллергических реакций и быстром выведении из орга-

низма. В случае отказа пациента от исследования, он должен

сообщить об этом не позже, чем за день до назначенной даты.

К моменту выполнения исследования радиолог должен

получить от пациента или его лечащего врача следующую ин-

формацию:

— Показания к исследованию (в виде концепции или на-

правления).

— Подтверждение об отсутствии противопоказаний к ра-

дионуклидному исследованию и нагрузочным пробам

— Оформление информированного согласия на этапы ис-

следования осуществляется в соответствии с действующим

законодательством.

— Рекомендуется запросить у пациента имеющуюся у него

медицинскую документацию: анамнез, выписки предыдущих

госпитализаций, заключения выполненных ранее диагности-

ческих исследований (электрокардиографии, эхокардиогра-

фии, компьютерной и магнитно-резонансной томографии) и

вмешательств (ангиопластика, аортокоронарное шунтирова-

ние) по поводу заболевания, указанного в направлении. В слу-

чае выполнения повторного радионуклидного исследования,

необходимо предоставить результаты предыдущего исследо-

вания. Это необходимо для выбора оптимального протокола

сцинтиграфии и нагрузочной пробы.

В день исследования пациенту рекомендуется избегать

плотного завтрака, а после внутривенного введения РФП при-

нять пищу (см. раздел 7.3). В случае проведения нагрузочной

пробы необходимо заранее отменить прием кофеин-содержа-

щих продуктов и некоторых препаратов (см. раздел 6.1)

В настоящее время перфузионную сцинтиграфию и ОЭКТ

миокарда выполняют с тремя РФП: 201Tl-хлоридом, 99mTc-

метокси-изобутил-изонитрилом (Сестамиби, МИБИ, в РФ

выпускается под торговым названием Технетрил) и 99mTc-

тетрофосмином (Миовью). Выбор РФП для исследования

определяет врач-радиолог, исходя из возможностей конкрет-

ной лаборатории радионуклидной диагностики и целесоо-

бразности их использования у данного пациента.

5.1 Хлорид таллия-201

Таллий (Tl) — моновалентный катион, металл, по биохи-

мическим свойствам близок калию. Таллий-201 получают на

циклотроне путем облучения протонами свинцовых мишеней,

после чего он распадается путем захвата электронов до рту-

ти-201.

При внутривенном введении 201Tl-хлорида, 88% препара-

та выводится из кровотока после первого прохождения, 4%

аккумулируется в миокарде. 201Tl проникает через клеточную

мембрану кардиомиоцитов (60% – активным транспортом с

помощью Na+/K+-АТФ-азы, 40% – пассивно по градиенту элек-

трического потенциала), и таким образом является маркером

ее целостности и работоспособности электрохимических це-

пей клетки. Уровень захвата 201Tl не изменяется при ацидозе

и гипоксии, он уменьшается лишь при наличии необрати-

мого повреждения кардиомиоцитов. Захват 201Tl происходит

пропорционально регионарной дистальной гиперемии до

200-250% от исходного кровотока, после чего достигается

максимум уровня захвата, и его дальнейшего увеличения не

происходит. После аккумуляции 201Tl-хлорид не задержива-

ется в кардиомиоцитах, в течение нескольких часов после

введения происходит его обмен и перераспределение в мио-

карде. Вымывание РФП из миокарда происходит в две фазы.

Первая, быстрая фаза происходит в пределах 30 минут после

введения, вторая, медленная – в течение нескольких часов-су-

ток. Перераспределение РФП уже не зависит от регионарной

перфузии, а его вымывание из поврежденных кардиомиоци-

тов происходит медленнее, чем из интактных, что и позволяет

дифференцировать участки живого, жизнеспособного (ише-

мизированного, гибернированного) и нежизнеспособного

миокарда. Основной протокол исследования с 201Tl-хлоридом

включает нагрузочную пробу с введением РФП, и последу-

ющую двукратную запись сцинтиграфических изображений:

через 5 минут – для оценки перфузии, и через 3-4 часа – для

оценки перераспределения. В некоторых случаях для уточне-

ния характера дефекта перфузии выполняют повторную инъ-

екцию (реинъекцию) 201Tl-хлорида. Подробнее о протоколах

сцинтиграфии с 201Tl-хлоридом см. раздел 7.2.

201Tl-хлорид считается “золотым стандартом” в оценке

перфузии миокарда, он клинически верифицирован и исполь-

зуется в клинике более 30 лет. Его основные достоинства по

сравнению с препаратами технеция-99:

— Физиологичный механизм включения таллия в кардио-

миоциты, аналогичный накоплению ионов калия.

— Меньше фоновая активность от печени, желудка и ки-

шечника при записи изображений

— Благодаря процессам перераспределения, диагности-

ческую информацию в покое и после нагрузки можно полу-

чить при однократном введении

— Несколько большая диагностическая ценность в оценке

жизнеспособности миокарда

— Меньше лучевая нагрузка для персонала

Однако он также имеет ряд важных недостатков:

— Дорогостоящая циклотронная наработка 201Tl.

— Длительные периоды полураспада и полувыведения

201Tl приводит к относительно высокой лучевой нагрузке

для пациента. Эффективная доза при введенной активности

80МБк составит около 18 мЗв, что сопоставимо с лучевой на-

грузкой от инвазивной коронароангиографии.

— Из-за высокой лучевой нагрузки используются низкие

вводимые активности, что в совокупности с низким захватом

201Tl в миокарде приводит к низкой статистике счета.

— Низкая энергия излучения 201Tl приводит к высокому

поглощению излучения тканями пациента.

Недостатки 201Tl-хлорид привели к тому, что в последнее

время основными РФП для перфузионной сцинтиграфии ми-

окарда стали РФП на основе технеция-99m.

**5.2 РФП с технецием-99m**

Технеций-99m получают в генераторе, он является про-

межуточным этапом распада молибдена-99 до относительно

стабильного технеция-99. По сравнению с 201Tl , 99mTc обладает

оптимальными дозиметрическими характеристиками, что по-

зволяет вводить большие активности при меньшей лучевой

нагрузке. При этом достигается высокая статистика счета, по-зволяющая получать более высокое качество изображения при

перфузионной сцинтиграфии, и достаточная для выполнения

быстрых исследований по первому прохождению (first-pass), а

также исследований, синхронизированных с ЭКГ (gated).

99mTc-МИБИ и 99mTc-тетрофосмин – катионные липофиль-

ные комплексы, проникающие пассивным транспортом (по

электрохимическому градиенту) через клеточную мембрану, а

затем через мембрану митохондрий, являясь, таким образом,

маркером энергетической состоятельности кардиомиоцита. В

миокарде накапливается 1-2% от введенной активности. В от-

личие от 201Tl-хлорида, перераспределение 99mTc-МИБИ в мио-

карде незначительно (у 99mTc-тетрофосмина – практически от-

сутствует). По этой причине основной протокол исследования

с этими РФП включает два этапа — в покое и после нагрузоч-

ной пробы, с двумя введениями препарата: либо в два разных

дня (двухдневный протокол), либо в один день (однодневный

протокол), см. раздел 7.3.

**Табл.2. Дозиметрические характеристики 99mTc**

**Излучение 88% – гамма-излучение (140.5 кэВ)**

**88**

|  |  |
| --- | --- |
| **Излучение** | **88% - гамма-излучение (140,5 кэВ)** |
| Период полураспада | 6 часов |
| Биологический период полувыведения | 13 часов |
| Критические органы (поглощенная доза на вводимую активность, мГр/МБк) | Желчный пузырь (0.03) |
| Эффективная доза, мЗв/МБк | 0.0085 |

**6. НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ**

Нагрузочные пробы в кардиологии применяются для вы-

явления стресс-индуцированной преходящей ишемии мио-

карда. Основные виды нагрузочных проб для последующего

выполнения нагрузочной сцинтиграфии включают физиче-

скую нагрузку, фармакологические тесты, и (реже) чреспище-

водную электрическую стимуляцию. Проведение нагрузочных

проб сопряжено с определенным риском, поэтому это ис-

следование требует информированного согласия пациента и

должно выполняться квалифицированным врачом функцио-

нальной диагностики. Важным условием безопасности проце-

дуры является доступность бригады неотложной кардиологии

и контроль со стороны лечащего врача-кардиолога. В данном

разделе будут приведены лишь базовые рекомендации по

проведению функциональных проб, более подробная инфор-

мация изложена в соответствующих клинико-диагностиче-

ских рекомендациях.

**6.1 Проба с физической нагрузкой**

Физическая нагрузка является предпочтительной для всех

больных, способных ее выполнить на достаточном уровне и

не имеющих противопоказаний к ней. Наиболее физиологич-

ным методом нагрузки является тредмил-тест, однако также

возможно использование велоэргометрии. Относительными

противопоказаниями для выполнения теста на велоэргометре

считаются детренированность пациента и менструальные дни

у женщин, в этих случаях желательно проводить тредмил-тест. Противопоказания к проведению пробы с физической на-

грузкой:

- нестабильная стенокардия с недавним приступом (менее

48 ч)

- застойная сердечная недостаточность

- острый инфаркт миокарда (до 4 дней)

- неконтролируемая артериальная или легочная гиперто-

ния

- угрожающие жизни нарушения сердечного ритма

- атриовентрикулярная блокада высокой степени

- острые воспалительные заболевания, в т.ч. миокарда

- тяжелый тромбофлебит

- тяжелые клапанные стенозы

- обструктивная кардиомиопатия

- дефекты скелетно-мышечной системы

- низкая мотивация пациента к выполнению пробы

В случае наличия этих противопоказаний необходимо рас-

смотреть варианты фармакологических проб.

**Подготовка пациента**

Пациенты, направленные на стресс-тест с физической на-

грузкой с целью выявления преходящей ишемии, по решению

лечащего врача должны отменить прием препаратов, которые

могут повлиять на изменение частоты сердечных сокращений

(ЧСС) и артериального давления (АД) в ответ на нагрузку:

β-блокаторы отменяют за 48-72 ч, пролонгированные нитра-

ты и антагонисты кальция – за 24 ч до исследования. Если

же стресс-тест проводится с целью оценки эффективности

лечения указанными препаратами – их прием не отменяют. У

пациентов с сахарным диабетом необходимо скорректировать

дозу инсулина и контролировать уровень глюкозы перед на-

грузочной пробой, чтобы не допустить гипогликемии.

**Протоколы физической нагрузки**

Для введения РФП во время нагрузки должен быть обе-

спечен надежный внутривенный доступ, в некоторых случаях

желательна предварительная установка катетера. Во время

нагрузочной пробы проводится мониторинг ЭКГ и АД. Прекра-

щение нагрузочной пробы производится при достижении как

минимум субмаксимальной (85%) возрастной ЧСС (220–воз-

раст, уд/мин) или определенных критериев положительной

пробы, включающих известные ЭКГ-признаки ишемии, по-

явление приступа стенокардии, желудочковой тахиаритмии,

выраженного подъема или падения артериального давления

и др. Важно достичь достоверных критериев остановки те-

ста, так как сомнительные результаты нагрузочных проб, не-

возможность доведения до диагностических ишемических

критериев (из-за усталости, повышения давления, аритмий)

могут привести к недооценке тяжести преходящей ишемии

по данным сцинтиграфии, снижая чувствительность метода.

При достижении критериев прекращения нагрузочной про-

бы внутривенно вводят РФП, после чего больной продолжает

выполнять нагрузку еще в течение 1-2 мин для достижения

ишемического равновесного состояния.

**6.2 Фармакологические пробы**

В качестве фармакологических проб применяют вазодила-

таторы, вызывающие коронарную гиперемию (дипиридамол,

аденозин), или адренергические препараты (добутамин, арбу-

тамин). Выбор агента должен быть обоснован особенностями

течения ИБС у конкретного больного, поскольку у каждого

препарата имеется обширный набор своих показаний, побоч-

ных эффектов.

Так, дипиридамол наиболее эффективен у больных с ар-

териальной гипертонией и наличием нескольких значимых

стенозов, поскольку провоцирует синдром обкрадывания. По

этой же причине он плохо пригоден для выявления начальной

и скрытой ишемии. Кроме того, дипиридамол имеет множе-

ство побочных эффектов, часто требует применения антидота

(эуфиллин+нитроглицерин), который необходимо вводить по-

сле введения РФП.

Аденозин выгодно отличается кратковременным эффек-

том действия, однако его нельзя использовать при хрониче-

ской обструктивной болезни легких, выраженной артериаль-

ной гипертонии, гипотонии, сердечной недостаточности III-IV

функционального класса, а также при атриовентрикулярной

блокаде.

Добутамин, особенно в сочетании с атропином, почти не

влияет на гемодинамику и имеет наилучшую субъективную

переносимость. Он показан для выявления скрытой ишемии,

однако может вызывать преходящие нарушения ритма и ино-

гда требует введения антагониста (например, эсмолола). До-

бутамин противопоказан при остром инфаркте миокарда, не- стабильной стенокардии, окклюзии ствола левой коронарной

артерии, сердечной недостаточности, тахиаритмиях, клапан-

ных стенозах, гипертрофической кардиомиопатии и воспали-

тельных заболеваниях миокарда.

**7. ПРОТОКОЛЫ ВВЕДЕНИЯ РФП**

**И СРОКОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**7.2 Протоколы сроков исследования с**

**201Tl-хлоридом**

Основной протокол исследования с 201Tl-хлоридом вклю-

чает нагрузочную пробу с введением РФП, и последующую

двукратную запись сцинтиграфических изображений: через

5 минут (нагрузочные изображения), и через 3-4 часа (визу-

ализация перераспределения). В случае выявления крупных

дефектов перфузии на сцинтиграммах после нагрузки и пере-

распределения, а также при других состояниях, сопровожда-

ющихся замедленным перераспределением, рекомендуется

выполнить повторную инъекцию 201Tl-хлорида (реинъекцию)

через 60 минут после второй записи сцинтиграмм и снова

выполнить запись сцинтиграмм. С целью дифференциации

ишемии, рубцового повреждения и гибернированного мио-

**Табл. 3. Протоколы инъекций и сроков исследования**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **РФП** | **201 TI- хлорид** | **99 Тс-МИБИ** | **99mTc-Тетрофосмин** |
| Форма выпуска | Стерильные герметичные  флаконы с бесцветным раствором РФП | Стерильные герметичные флаконы с составным  нерадиоактивным лиофилизатом (комплексообразователь и  вспомогательные химические вещества) | |
| Элюат из генератора 99m Tc | |
| Приготовление | Готов к применению | Элюат 99mTc смешивается с лиофилизатом и готовится на водяной бане непосредственно  перед исследованием, согласно инструкции производителя. | |
| Способ введения | в/в болюсом с промывкой физраствором.  Рекомендуется предварительная установка катетера. | | |
| Вводимая активность2 | Нагрузка-перераспределение:  74 МБк1 | Однодневный протокол:  Покой: 185-370 МБк3  Нагрузка: 555-740 МБк | |
| Реинъекция: 37 МБк | Двухдневный протокол:  Покой: 370 МБк  Нагрузка: 370 МБк | |
| Время между введением РФП  и визуализацией | Нагрузка и реинъекция:  5-10 мин (завершить исследование до 30 мин).  Перераспределение: 3-4 часа.  Отсроченные: 24 часа | Покой: 60-90 мин  Нагрузка: 45-60 мин | 15-30 мин *1* |

**РФП 201Tl-хлорид 99mTc-МИБИ 99mTc-Тетрофосмин**

*1 указанные значения в МБк приняты из удобства, т.к. они соответствуют целым значениям активности изотопа в милликюри*

*(мКи) – единицах измерения в отечественных дозкалибраторах (1мКи=37МБк)*

*2 указанные значения активности являются рекомендуемыми для взрослого пациента массой 70-80 кг. Допускается прямо про-*

*порциональное изменение вводимой активности при массе пациента >100 кг и меньше <50 кг.*

*3 В зарубежных рекомендациях, как правило, указываются более высокие активности: 201Tl – до 111МБк, 99mTc-МИБИ при*

*двухдневном протоколе – до 900 МБк на одно исследование, при однодневном – 400-500 МБк при первом введении, 1200-1500*

*МБк при втором введении. Значения активности, указанные в таблице, характерны для отечественной практики и варьируют в*

*различных радионуклидных лабораториях страны. Величина вводимой активности является компромиссом между приемле-*

*мой лучевой нагрузкой и статистикой счета, от которой напрямую зависит диагностическое качество сцинтиграмм. Статистика*

*счета может быть увеличена также увеличением времени исследования, однако при этом возрастает вероятность артефактов*

*из-за движения пациента, а также снижается пропускная способность гамма-томографа. В тоже время увеличение вводимой*

*активности (в рамках допустимой лучевой нагрузки) позволяет снизить риск недиагностических результатов (например, из-за*

*особенностей метаболизма пациента, при тяжелых нарушениях перфузии, при подкожном введении части РФП). Однако окон-*

*чательный выбор вводимых активностей (в приведенном диапазоне значений) должен оставаться решением штата конкретной*

*лаборатории, исходя из ее материального обеспечения (активность поставляемого генератора технеция, тип гамма-томографа),*

*контингента и потока пациентов.*

***7.1 Введение РФП***

**7.2 Протоколы сроков исследования с**

**201Tl-хлоридом**

Основной протокол исследования с 201Tl-хлоридом вклю-

чает нагрузочную пробу с введением РФП, и последующую

двукратную запись сцинтиграфических изображений: через

5 минут (нагрузочные изображения), и через 3-4 часа (визу-

ализация перераспределения). В случае выявления крупных

дефектов перфузии на сцинтиграммах после нагрузки и пере-

распределения, а также при других состояниях, сопровожда-

ющихся замедленным перераспределением, рекомендуется

выполнить повторную инъекцию 201Tl-хлорида (реинъекцию)

через 60 минут после второй записи сцинтиграмм и снова

выполнить запись сцинтиграмм. С целью дифференциации

ишемии, рубцового повреждения и гибернированного мио- карда регистрируют также отсроченные сцинтиграммы (через

24 часа). Таким образом, в зависимости от клинических задач

возможно выполнение различных протоколов сцинтиграфии

миокарда с 201Tl:

— покой и 4-часовое перераспределение,

— нагрузка и 4-часовое перераспределение,

— нагрузка и позднее (8- или 24-часовое) перераспреде-

ление,

— нагрузка, 4-часовое перераспределение и повторная

инъекция 201Tl,

— нагрузка, реинъекция 201Tl, 4- или 24-часовое перерас-

пределение.

Наиболее информативными и чаще всего используемыми

из них являются второй и четвертый варианты.

**7.3 Протоколы сроков исследования с**

**РФП на основе 99mTc**

Основной протокол исследования с 99mTc-МИБИ и 99mTc-

тетрафосмином проводится в два этапа — в покое и после

нагрузочной пробы. Эти этапы предпочтительней выполнять

в разные дни (двухдневный протокол). Выполнение двух инъ-

екций в один день возможно, но несколько нежелательно, по-

скольку в этом случае, во избежание суммации изображений,

вторая инъекция должна полностью перекрывать первую. Это

требует некоторого снижения активности первой инъекции

и 2-3-кратного увеличения активности второй инъекции, что

приводит к увеличению лучевой нагрузки. Так, при введении

370 МБк на первом этапе, и 740МБк на втором, эффективная

доза составит 9.2 мЗв.

Последовательность и сроки этапов исследования могут

варьировать. Так, у пациентов с низким риском заболеваний

сердца рекомендуется сначала выполнять визуализацию по-

сле нагрузочной пробы, поскольку при ее нормальных ре-

зультатах исследование в покое можно не проводить. С дру-

гой стороны, у пациентов без сопутствующей документации,

а также у пациентов с отягощенным сердечно-сосудистым

анамнезом, следует начинать с исследования в покое, и по его

результатам принимать решение о целесообразности второго

этапа.

Важно соблюдать рекомендуемые сроки исследования

после введения (см. табл. 3). Визуализация с МИБИ в покое

раньше 40 минут после инъекции может привести к экрани-

рованию нижней стенки ЛЖ печенью. В то же время при за-

держке исследования может визуализироваться повышенная

активность под диафрагмой, что в сочетании с уменьшением

статистики счета от самого миокарда также ухудшает каче-

ство сцинтиграмм. По этой причине особенно нежелательна

задержка нагрузочного исследования ввиду временного уско-

рения метаболизма у пациента, выполнившего нагрузочную

пробу. В некоторых случаях после введения препарата целе-

сообразно попросить пациента принять воду и/или жирную

пищу, что способствует вымыванию РФП из печени и опорож-

нению желчного пузыря, а также опусканию диафрагмы.

**8. ПРОТОКОЛЫ СБОРА ДАННЫХ**

Оборудование для проведения перфузионной сцинтигра-

фии и ОЭКТ миокарда должно отвечать требованиям без-

опасности и проходить плановые калибровки и сервисное

обслуживание в соответствии с инструкциями изготовителя.

При укладке пациента необходимо убрать с проекции грудной

клетки экранирующие предметы, особенно металлические, а

также попросить его обеспечить себе удобное положение в

связи с необходимостью оставаться неподвижным в течение

всего времени исследования.

**8.1 Планарный режим**

Плоскостная сцинтиграфия миокарда в настоящее время

практически вытеснена томографическими исследованиями.

Тем не менее, планарный режим до сих пор целесообразен

при исследовании с 201Tl-хлоридом в силу его низкой стати-

стики счета, затрудняющей получение качественных резуль-

татов при ОЭКТ.

Плоскостную сцинтиграфию миокарда проводят с учетом

формы и анатомического положения сердца в грудной клет-

ке в трех стандартных проекциях: передней, левой передней

косой (для лучшей визуализации перегородки, обычно 45°) и

левой боковой 90°, регистрируя в каждой из них не менее 500

тыс. импульсов.

**8.2 Томографический режим**

В томографическом режиме (ОЭКТ) детекторы эмиссион-

ного томографа вращаются вокруг пациента согласно пред-

варительно заданным параметрам. Эти параметры должны

быть сохранены в стандартном протоколе исследования, од-

нако они могут в известных пределах варьировать у разных

пациентов, в зависимости от задач исследования, введенной

активности, типа оборудования и многих других факторов.

Выбор этих параметров является решением врача-радиолога,

непосредственно проводящего исследование. В таблице при-

ведены основные методики настройки гамма-томографа для

перфузионной ОЭКТ миокарда, с указанием, какая из методик

является стандартной, минимальной (возможной, но неже-

лательной), дополнительной (необязательной) и предпочти-

тельной (необязательной, но желательной).

**Табл.4. Основные параметры томографа для проведения перфузионной ОЭКТ миокарда.**

**Параметр 201Tl 99mTc Методика**

Кристалл NaI (йодид натрия), CZT (теллурид цинка-кадмия) Стандартная

Коллиматоры LEGP LEHR Стандартная

Кол-во детекторов

1 Минимальная

2 Стандартная

3 Дополнительная

Угол вращения

180°, от 45° ППК до 45 ° ЛЗК (для 1- и 2-детекторных томографов) Стандартная

360° (для 3-детекторных камер) Дополнительная

Тип вращения

пошаговый Стандартная

непрерывный Дополнительная

Положение пациента

на спине, руки за головой (обе при обороте 360°, обе или левая при 180°) Стандартная

на животе, вертикальное, наклонное Дополнительная

Орбита

круговая Минимальная

эллипсоидная Стандартная

с автоматическим оконтуриванием Предпочтительная

Энергетический пик 72 кэВ и 167 кэВ 140 кэВ Стандартная

Окно дискриминатора 20% 15-20% Стандартная

Общее число проекций 32-64 Стандартная

Время записи 1 проекции 30 сек1 Стандартная

Статистика счета

1 проекции

>20 тыс. Стандартная

>70 тыс. Стандартная

Матрица

64x64 пиксел Стандартная

128x128 пиксел Дополнительная

Синхронизация с ЭКГ, окно

вариабельности сердечного

ритма

нет Стандартная

нет Минимальная

да Предпочтительная

Число кадров

(при синхронизации)

8 Стандартная

16 Дополнительная

Время записи 1 проекции

30 интервалов R-R (одновременно

с записью перфузионных проекций)

Стандартная

КТ-коррекция поглощения

нет нет Стандартная

да Предпочтительная

Параметры КТ

для коррекции поглощения

плоскопанельная или мульспиральная

в низкодозовом режиме (5 мА, 120 кВ)

Стандартная

мультиспиральная Дополнительная

*1 Время записи проекции необходимо указывать до запуска исследования, оценивая получаемые в реальном времени предвари-*

*тельные изображения области интереса. Скорость счета (в импульсах в секунду), указываемая на этих изображениях, позволит*

*рассчитать время записи проекции, необходимое для достижения требуемой статистики счета. Так, если в окне предпросмотра*

*отражается значение 2 тыс. имп/сек, то необходимо указать время записи проекции не менее 70/2=35 сек. Если визуально отме-*

*чается повышенное накопление РФП в печени и/или желчном пузыре, желательно увеличить время записи проекции еще на 5-10*

*сек. Во избежание возможности движения пациента, общее время исследования не должно превышать 20-25 минут.*\_\_

**9. РЕКОНСТРУКЦИЯ И ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ**

**9.1 Контроль качества изображений**

Результатом перфузионной ОЭКТ миокарда с ЭКГ-

синхронизацией, выполненной в покое и после нагрузочной

пробы, является 4 набора данных, каждый из которых пред-

ставляет собой последовательность (серию) проекций – сум-

мационных изображений области грудной клетки. Эти изо-

бражения могут быть представлены в виде кино-петли, и их

необходимо просмотреть незамедлительно после окончания

исследования, обращая внимание на выполнение следующих

условий:

- Полнота данных (отсутствие пустых, неполных, нечитае-

мых проекций)

- Визуализация всего миокарда ЛЖ во всех проекциях (от-

сутствие “обрезки”)

- Достаточная статистика счета в каждой проекции

- Отсутствие артефактов, вызванных техническими при-

чинами

- Плавная анимация кино-петли по горизонтали (контроль

соблюдения углов поворота детекторов) и по вертикали (от-

сутствие признаков движения пациента)

- Отсутствие иных участков интенсивного накопления РФП

в непосредственной близости от миокарда ЛЖ

- В итоге, при реконструкции аксиальных срезов из ис-

ходных проекций, должен визуализироваться миокард ЛЖ,

четко дифференцированный от своей полости и окружающих

органов

- Для синхронизированных изображений: корректная ки-

но-петля сократимости миокарда

В случае обнаружения дефектов серии проекций, не свя-

занных с техническими сбоями оборудования, возможно по-

вторное выполнение исследования после устранения причин

этих дефектов. Так, при интенсивной визуализации печени и/

или желудка, экранирующей нижнюю стенку ЛЖ, пациенту

рекомендуется принять жирную пищу и 250-500 мл жидкости.

При низкой статистике счета необходимо увеличить время за-

писи одной проекции, при этом возможна фиксация пациента

специальными ремнями во избежание его движения. При не-

возможности получения качественных изображений исследо-

вание необходимо перенести на другой день.

В случае записи КТ-данных для коррекции поглощения из-

лучения, следует убедиться также и в приемлемом качестве

этих изображений.

**9.2 Реконструкция изображений**

Реконструкция томосцинтиграфических изображений ми-

окарда – важный этап исследования, в полной мере влияю-

щий на их диагностическое качество, и особенно – на полу-

чаемые количественные параметры перфузии. Это связано с

тем, что любой конечный набор исходных проекций является

неполным для получения точных аксиальных срезов, а при

ОЭКТ миокарда число этих проекций невелико (32-64, редко

128). По этой причине, а также вследствие низкого разреше-

ния проекций (64x64) и их высокого уровня шума, при рекон-

струкции применяются сложные, ресурсоемкие алгоритмы

фильтрации и сглаживания, имеющие множество настроек.

К основным алгоритмам реконструкции относятся метод об-

ратных проекций с фильтрацией (FBP) и итеративные методы.

FBP – универсальный и быстрый алгоритм, используемый

по умолчанию для реконструкций диагностических изображе-

ний (например, в КТ и МРТ), однако он не учитывает многих

специфических свойств ОЭКТ-изображений. В большинстве

случаев, при достаточно высокой статистике счета, он позво-

ляет получить приемлемое качество реконструкций, однако

оно в целом намного ниже, чем при использовании итератив-

ных фильтров. При низкой статистике счета не удается избе-

жать артефактов в виде полос.

Итеративные фильтры MLEM и OSEM обрабатывают изо-

бражения в несколько проходов, с каждым разом подчеркивая

“истинное” накопление препарата и убирая фоновое накопле-

ние. При большом числе проходов изображение становится

более четким, однако повышается риск появления шума и

артефактов. В целом, визуальное качество таких реконструк-

ций заметно лучше, чем при использовании FBP. Кроме того,

итеративные алгоритмы позволяют внедрить математические

модели для расчета компенсации поглощения, рассеяния из-

лучения, распада изотопа и движения пациента. Таким об-

разом, итеративные фильтры реконструкции являются пред-

почтительными. Особенно это касается новых, улучшенных

итеративных алгоритмов, например, Astonish от Philips.

Для улучшения качества реконструкций используются

низкочастотные фильтры (Hanning, Butterworth и др.), позво-

ляющие уменьшить шум и сгладить изображение.

Не существует единых стандартов настроек алгоритмов

реконструкции и фильтров, однако рекомендуется учитывать

следующие общие тезисы:

- заводские настройки по умолчанию в большинстве слу-

чаев обеспечивают оптимальное качество изображения. Из-

менение этих настроек могут выполнять только лица с до-

статочными знаниями алгоритмов обработки изображений.

Неправильные настройки могут привести как к ложноположи-

тельным, так и к ложноотрицательным результатам.

- подбор параметров обработки осуществляется эмпири-

чески, однако он должен основываться на клинической вери-

фикации. В процессе поиска оптимальных настроек полезна

обработка нескольких десятков пациентов разными способа-

ми, с последующим сравнением результатов

- достигнув оптимальных настроек обработки, исполь-

зуйте их для всех последующих исследований. Одинаковая

обработка множества исследований позволит снизить вари-

абельность получаемых количественных параметров при по-

следующей статистической верификации метода.

**9.3 Совмещение данных КТ и ОЭКТ**

В случае записи КТ-данных, после реконструкции серий

проекций выполняется проверка правильного совмещения

анатомических (КТ) и перфузионных (ОЭКТ) изображений

миокарда. Если по каким-то причинам это совмещение не

произошло автоматически, необходимо сопоставить эти на-

боры вручную. Неправильное совмещение данных с большой\_\_

вероятностью приведет к неправильной корректировке погло-

щения излучения и появлению на томосцинтиграммах ложно-

положительных дефектов перфузии.

**9.4 Реориентация изображений**

Реориентация томограмм с генерацией срезов, ортого-

нальных длинным (горизонтальной и вертикальной) и ко-

роткой осям ЛЖ (т.н. косых срезов), может происходить в

автоматическом режиме. Если результат автоматической ре-

ориентации вызывает сомнения, необходимо установить оси

вручную, таким образом, чтобы они проходили через центр

проекции митрального клапана и верхушку ЛЖ, разделяя ми-

окард ЛЖ на две равные части. При реориентации двух набо-

ров изображений – в покое и после нагрузочной пробы, важно

одинаково установить оси у обоих наборов.

**10. АНАЛИЗ ДАННЫХ**

Процесс интерпретации результатов томосцинтиграфии,

по большому счету, начинается уже на этапе реконструкции

серий проекций. Визуальный анализ качества реконструиро-

ванных изображений и процесс реориентации подготавлива-

ют врача-радиолога к основной части диагностического про-

цесса – анализу полученных косых срезов. Все современные

пакеты для обработки томосцинтиграмм миокарда предлага-

ют следующую последовательность работы с набором косых

срезов:

1. Выбор базы нормы для выбранного пола пациента, типа

исследования (покой или нагрузка), и используемых алгорит-

мов реконструкции.

2. Автоматическое обведение контуров ЛЖ, раздельно для

каждого набора данных

3. Просмотр результатов в режиме серий срезов и поляр-

ных карт

4. Визуальное и количественное сопоставление перфузи-

онных исследований в покое и после нагрузочной пробы, с

коррекцией поглощения излучения (на основании данных КТ),

и без нее

5. Анализ синхронизированных изображений

6. Сопоставление перфузионных и синхронизированных

изображений

7. Сопоставление результатов сцинтиграфии с результата-

ми нагрузочной пробы и клиническими данными

**10.1 Обведение контуров ЛЖ**

Необходимо удостовериться в правильном автоматиче-

ском обведении контуров ЛЖ на всех наборах косых срезов

в покое и после нагрузки – перфузионных без коррекции по-

глощения, с коррекцией поглощения и синхронизированных.

Как правило, ошибочное обведение контуров происходит в

следующих случаях:

- Низкое качество сцинтиграмм (низкая статистика счета и

соотношение сигнал-шум), и, как следствие, нечеткая граница

между миокардом, полостью и внесердечным пространством.

- Прилегание к миокарду других органов с высоким нако-

плением РФП (чаще печени и желудка)

- Наличие грубых дефектов перфузии

- Нестандартная конфигурация миокарда: при очень ма-

лых или очень больших размерах ЛЖ, при гипертрофии ПЖ

(например, вследствие легочной гипертензии)

При обнаружении указанных случаев, необходимо обвести

ЛЖ в ручном режиме, соблюдая следующие принципы:

- Границы обведения должны точно соответствовать ЛЖ.

Не допускается попадание в эти границы печени, желудка, а

также выход за границы базальных отделов миокарда (обве-

дение фиброзного кольца выходного тракта ЛЖ). В случае

выполнения гибридного ОЭКТ/КТ-исследования, КТ-данные

рекомендуется использовать для определения истинных гра-

ниц ЛЖ.

- Границы обведения должны быть как можно более оди-

наковыми для наборов данных в покое и после нагрузочной

пробы.

- Если установить правильные границы ЛЖ не представ-

ляется возможным, то режим полярных карт, а также количе-

ственная оценка перфузии и сократимости могут быть недо-

стоверными. В этом случае диагностическими можно считать

лишь изображения в режиме срезов. Если информации этих

изображений недостаточно, необходимо перезаписать иссле-

дование, устранив причины плохого качества изображений

- В случае невозможности обведения ЛЖ из-за экраниро-

вания нижней стенки прилежащими поддиафрагмальными

органами, возможным, но нерекомендуемым решением мо-

жет быть переобработка серий проекций с более тщательным

отсечением изображения со стороны нижней стенки.

**10.2 Анализ перфузионных**

**изображений**

Оценка перфузии по данным томосцинтиграфии является

полуколичественной. Она основана на поиске пиксела с мак-

симальной интенсивностью сигнала, которая принимается за

100%, после чего рассчитывается интенсивность остальных

зон миокарда в % от этого максимума, а изображения кар-

тируются с помощью оттенков серого или различных гра-

дуированных цветовых шкал. Врач-радиолог должен иметь

возможность просмотра изображений в привычной для себя

цветовой шкале, исходя из своего опыта и предпочтений. В

программах обработки томосцинтиграммы обычно представ-

лены в виде томографических срезов и полярных карт.

В режиме томографических срезов данные отображаются

в трех сечениях: по вертикальной длинной оси (Vertical Long

Axis, VLA), по горизонтальной длинной оси (Horizontal Long

Axis, HLA) и по короткой оси (Short Axis, SAX). При обзоре в

этом режиме визуально отмечают следующее:

- Наличие дилатации ЛЖ, постоянной или возникающей

(или усугубляющейся) после нагрузочной пробы (транзитор-

ная ишемическая дилатация)

- Визуализация ПЖ, что свидетельствует о его гипертро-

фии или, реже, глобальном снижении накоплении РФП в ЛЖ.

- Наличие стабильных и/или преходящих дефектов перфу-

зии

- Визуальные различия между скорректированными и не-

скорректированными наборами изображений

В режиме полярных карт оценивается равномерность рас-

пределения РФП в миокарде ЛЖ. В этом режиме лучше видны

мелкие дефекты перфузии, и более точно указывается их ло-

кализация с помощью 17- или 20-сегментной шкалы (рис. 1).

**Рис.1. Сегментация миокарда ЛЖ в режиме полярной карты.**

****

*А – стандартная 17-сегментная схема. Обозначение сегментов:*

*1-6 – базальные сегменты, 7-12 – средние сегменты (1 и 7*

*– передние, 2 и 8 – передне-перегородочные, 3 и 9 – нижне-*

*перегородочные, 4 и 10 – нижние, 5 и 11 – нижне-боковые, 6 и*

*12 – передне-боковые), 13-17 – верхушечные сегменты (13 –*

*передне-верхушечный, 14 – верхушечно-перегородочный, 15*

*– нижне-верхушечный, 16 – верхушечно-боковой, 17 – верху-*

*шечный). Б – наиболее распространенный вариант бассейнов*

*коронарных артерий. 1 и 2 – левая коронарная артерия (ЛКА),*

*в том числе: 1 – передне-нисходящая артерия (ПНА), 2 – оги-*

*бающая артерия (ОА). 3 – правая коронарная артерия (ПКА).*

Классическая интерпретация дефектов перфузии произ-

водится в рамках каждого сегмента по 5-балльной шкале:

0 баллов: норма (перфузия в сегменте ≥70% от максиму-

ма)

1 балл: начальное нарушение перфузии (50-69%)

2 балла: умеренное нарушение перфузии (30-49%)

3 балла: выраженное нарушение перфузии (10-29%)

4 балла: отсутствие перфузии (<10%)

Более точная оценка нарушений перфузии основана на

сравнении карты перфузии пациента с одной из набора баз

норм, соответствующей полу пациента и типу исследования.

Набор баз норм предоставляется производителем программ

обработки. В рамках этого сравнения баллы дефектов могут

выставляться несколько по иным принципам, чем указано

выше. Так, для каждого сегмента может вычисляться коэффи-

циент глубины повреждения (Severity), который представляет

собой значение стандартного отклонения (sd) относительной

перфузии сегмента по сравнению с нормальным значением,

согласно выбранной базе нормы. Затем диапазоны глубины

дефекта соотносятся с определенными баллами. Сумма таких

уточненных баллов во всех сегментах перфузионной карты

при исследовании в покое получила название SRS (Summed

Rest Score), а после нагрузки – SSS (Summed Stress Score).

Кроме того, во всех современных программах на полярной

карте можно отобразить участки достоверного дефекта кро-

воснабжения, в которых глубина нарушений перфузии пре-

вышает пороговое значение для данной базы норм. Площадь

таких участков определяется как распространенность дефекта

(Extent), вычисленную в процентах от площади ЛЖ.

Вычисление и визуализация разности между относитель-

ными значениями перфузии после нагрузочной пробы и в

покое является основой диагностики преходящей ишемии

миокарда. Таким образом, в режиме полярных карт особое

внимание должно уделяться анализу разностной карты обра-

тимых изменений перфузии. При визуализации в процентном

режиме, в каждом сегменте разностной карты отображается

разность относительной перфузии, в режиме Extent – участ-

ки достоверного ухудшения перфузии в ответ на нагрузоч-

ную пробу (зоны преходящей ишемии миокарда). Площадь

этих обратимых изменений (Reversibility Extent, RE) измеря-

ется в процентах от площади ЛЖ, а их тяжесть – в разност-

ных коэффициентах глубины (Reversibility Severity), которые

также градуируются баллами. Сумма этих баллов стресс-

индуцированной преходящей ишемии поучила название SDS

(Summed Difference Score). Параметр SDS не всегда равен

разности SSS и SRS, поскольку он учитывает зоны улучшения

перфузии после нагрузки.

Все эти количественные параметры доказали свою диагностическую важность в оценке прогноза коронарных событий.

В частности, показано, что SSS может быть прогностическим

фактором риска коронарных событий (SSS от 0 до 3 – нор-

ма, 4-8 – низкий риск, 8-13 – умеренный риск, >13 – высо-

кий риск). Кроме того, значение severity стабильного дефекта

перфузии (измеряемое в стандартных отклонениях от нормы,

sd) может помочь в приблизительной оценке глубины очаго-

во-рубцового повреждения миокарда. Для этого можно ори-

ентироваться на следующую градацию (однако, с большими

оговорками и сопоставляя с клиническими данными):

- sd < 2 – норма

- 2-2.5 – серая зона, возможно наличие фиброзных изме-

нений или субэндокардиального инфаркта

- 2.5-5 – мелкоочаговый, интрамуральный инфаркт

- 5-8 – крупноочаговый инфаркт

- >8 – трансмуральный инфаркт

Однако учитывая многообразие возможных клинических

ситуаций, при интерпретации сцинтиграмм рекомендуется

полагаться в первую очередь на визуальный анализ, оставив

количественные параметры в качестве вспомогательного ин-

струмента диагностики и способа унификации перфузионных

данных при статистической обработке. Более того, в случае

ошибочного назначения балла программой обработки, расхо-

дящегося с визуальной оценкой врача-радиолога, в програм-

мах обработки имеется возможность установки балла вруч-

ную. Такой подход помогает избежать ложноположительных

результатов.

Некоторые варианты результатов ОЭКТ миокарда по про-

токолу покой-нагрузка приведены на рис. 2 и 3.

**Рис. 2. Представление результатов перфузионной ОЭКТ ми-**

**окарда на примере пациента без нарушений перфузии мио-**

**карда (норма).**

****

*Левый столбец – исследование после нагрузочной пробы*

*(stress), режим срезов, сверху вниз: короткая ось (SAX, вер-*

*хушечные сегменты, средние сегменты, базальные сегмен-*

*ты), горизонтальная (HLA) и вертикальная (VLA) длинные оси.*

*Средний столбец – т.ж. при исследовании в покое (rest). Пра-*

*вый столбец – полярные карты в процентном режиме (сверху*

*вниз – нагрузочная, в покое, разностная). Количественные*

*параметры: SRS=0, SSS=0, SDS=0, Rest Extent=0%, Stress*

*Extent=0%, Reversibility Extent=0%. Заключение: признаков*

*очагово-рубцового повреждения и преходящей ишемии ми-*

*окарда не выявлено.*

В случае выполнения совмещенного исследования ОЭКТ/

КТ, необходимо анализировать оба набора данных – с коррек-

цией поглощения (attenuation correction, AC) и без нее (nAC),

поскольку эти изображения, как правило, имеют существен-

ные визуальные отличия. Наиболее распространенные из них:

1. Визуально нормальная перфузия нижней стенки на AC-

изображениях при наличии визуального дефекта перфузии в

этой зоне на nAC-изображениях (рис. 4А). Появление такого

дефекта связано с поглощением излучения тканями пациента,

которое возрастает для более глубоких органов. Если рассма-

тривать анатомическое расположение ЛЖ в грудной клетке,

то наиболее глубоко, как правило, располагаются его нижне-

задние сегменты. При коррекции поглощения происходит вос-

становление интенсивности исходного сигнала, причем коэф-

фициент усиления также возрастает для глубоких структур.

2. Наличие дефекта перфузии верхушечных сегмен-

тов на AC-изображениях при отсутствии такового на nAC-

изображениях (рис. 4Б). Этот феномен имеет несколько объ-

яснений, одно из них – прилежание костных структур (ребер)

к верхушке ЛЖ, и, как следствие, занижение коэффициента

усиления при коррекции поглощения от этих зон.

Общая рекомендация при сопоставлении обоих наборов

данных: следует считать достоверными только те дефекты,

которые в той или иной мере присутствуют на обоих набо-

рах. В то же время, если дефект достоверно визуализируется

лишь на одном из двух наборов – перфузию в этом участке

следует считать нормальной. Экспертная интерпретация пер-

фузионной ОЭКТ миокарда далеко выходит за рамки этой

рекомендации, однако ее все же можно считать верной для

ложноположительных дефектов по нижней стенке на нескор-

ректированных изображениях и по верхушечным сегментам

на скорректированных изображениях. Кроме того, важно

понимать, что для расчета количественных параметров скор-

ректированных и нескорректированных изображений исполь-

зуются различные базы нормы, поэтому эти количественные

параметры, как правило, у этих двух наборов несопоставимы.

**10.3 Анализ синхронизированных**

**Изображений**

ОЭКТ миокарда с ЭКГ-синхронизацией проводится для:

- Оценки глобальной и локальной сократимости ЛЖ

- Количественного анализа систолической и диастоличе-

ской функции ЛЖ

- Повышения диагностической точности перфузионного

исследования

Основные параметры глобальной сократимости ЛЖ, такие

как конечно-диастолический объем (КДО), конечно-систоли-

ческий объем (КСО) и фракция выброса (ФВ), являются наи-

более клинически значимыми, поэтому их необходимо указы-

вать в описании результатов. В силу особенностей алгоритмов

расчета этих величин при ОЭКТ, они несколько отличаются от

получаемых при эхокардиографии. Так нормальные значения

ФВ при ОЭКТ – ≥45% у мужчин и ≥50% у женщин (при эхо-

КГ – ≥60%), КДО – 50-100мл, при этом при ОЭКТ часто можно

получить заниженные значения КДО (<45мл) и завышенные

значения ФВ (>75%), которые, тем не менее, также должны

трактоваться как норма. При синхронизированной ОЭКТ по-

лучают дополнительную информацию, которая может быть

полезной при сопоставлении перфузии и сократимости ЛЖ,

особенно у пациентов с ИБС, кардиомиопатиями и воспали-

тельными заболеваниями миокарда. Амплитуда движения

эндокарда и систолическое утолщение ЛЖ в систолу (в мм)

может быть представлена в виде полярных карт. С помощью

карты амплитуды для каждого сегмента сократимость опре-

деляют как нормальную (нормокинез), сниженную (гипоки-

нез), практически отсутствующую (гипоакинез), отсутству-

ющую (акинез) и парадоксальную (дискинез). В последнем

случае сегмент миокарда в систолу движется не в сторону

полости ЛЖ, а в противоположную сторону. Это может про-

исходить при аневризме ЛЖ, при нарушениях проведения или

гипертрофии ПЖ. Недостаточное систолическое утолщение

является неблагоприятным признаком при дилатации ЛЖ, а

его усиление может быть косвенным признаком гипертрофии

ЛЖ. Важно определение наличия транзиторной ишемической дилатации (увеличение полости ЛЖ после нагрузочной пробы

по сравнению с исследованием в покое). Существенную ин-

формацию несут графики объемов и скоростей наполнения

и изгнания крови из ЛЖ, а также параметры диастолической

функции ЛЖ – время наполнения ЛЖ в диастолу, время до-

стижения максимальной скорости наполнения (параметр, ха-

рактеризующий эластичность миокарда).

**Рис. 3. Некоторые распространенные результаты перфузионной ОЭКТ миокарда в кардиологической практике.**

******

*А. Визуализируется стабильный дефект перфузии передне-верхушечной локализации. SRS=6, SSS=10, SDS=4, Rest Extent=16%,*

*Stress Extent=20%, Reversibility Extent=4%. Максимальное sd очага в покое – 8, после нагрузки – 9. Заключение: трансмуральное*

*очагово-рубцовое повреждение миокарда передне-верхушечной локализации. Признаки дальнейшей преходящей ишемии мио-*

*карда в зоне очага (углубление стабильного дефекта после нагрузочной пробы).*

*Б. При исследовании в покое достоверных дефектов перфузии не отмечается, после нагрузки – появление преходящего дефекта*

*перфузии. SRS=0, SSS=14, SDS=14, Rest Extent=0%, Stress Extent=22%, Reversibility Extent=26%. Заключение: признаков очагово-*

*рубцового повреждения миокарда ЛЖ не выявлено. Распространенная преходящая ишемия миокарда верхушечно-перегородоч-*

*ной и верхушечно-перегородочной локализации (вероятно, бассейн ПНА).*

*В. При исследовании в покое – достоверный дефект перфузии. после нагрузки – его углубление и расширение. SRS=8, SSS=26,*

*SDS=14, Rest Extent=14%, Stress Extent=43%, Reversibility Extent=34%. Максимальное sd очага в покое – 3.7. Заключение: интра-*

*муральное очагово-рубцовое повреждение миокарда ЛЖ передне-верхушечной локализации. Распространенная перифокальная*

*преходящая ишемия миокарда ЛЖ (вероятно, бассейн ПНА).*

*Г. Неравномерная перфузия миокарда в покое у пациента с длительным анамнезом ИБС, после нагрузочной пробы – появле-*

*ние достоверных зон преходящей ишемии верхушечной и перегородочной локализации. Интенсивное относительное включение*

*РФП в боковую стенку (косвенный признак гипертрофии левого желудочка). SRS=1, SSS=12, SDS=11, Rest Extent=1%, Stress*

*Extent=19%, Reversibility Extent=19%. Максимальное sd очага в покое – 2.4. Заключение: признаки мелкоочагового фиброза мио-*

*карда. Преходящая ишемия миокарда, возможно двухсосудистое поражение коронарных артерий (ПНА и ПКА).*

Сопоставление данных перфузии и сократимости позво-

ляет существенно увеличить диагностическую ценность ОЭКТ

миокарда. Так, нормальная сократимость тех участков мио-

карда, где визуализируются дефекты перфузии, позволяет в

некоторых случаях трактовать эти дефекты как ложнополо-

жительные (связанные, например, с поглощением излучения

тканями пациента). В то же время, нормальная сократимость

может сохраняться и в участках фиброза или небольшого ин-

фаркта миокарда. С другой стороны, сочетание нормальной

перфузии и сниженной сократимости может быть признаком

гибернации или оглушения миокарда.

При сопоставлении сократительной функции ЛЖ в покое и

после нагрузочной пробы следует помнить следующее. В силу

отсутствия перераспределения 99mTc-МИБИ, визуализируе-

мое состояние перфузии миокарда фактически зафиксиро-

вались в момент введения РФП на пике нагрузки, тогда как

оценка сократительной функции происходит непосредствен-

но во время записи томосцинтиграмм. Поскольку запись ис-

следования происходит через 30-60 минут после окончания

нагрузки, сократительная функция ЛЖ на этом этапе факти-

чески повторяет исследование в покое. Однако в некоторых\_\_

ситуациях можно наблюдать изменение ФВ и объемов поло-

сти даже через час после нагрузочной пробы. Снижение ФВ и

увеличение КДО (как признак транзиторной ишемической ди-

латации) у пациента с ИБС после нагрузочной пробы, по срав-

нению с исследованием в покое, является неблагоприятным

признаком, свидетельствующем о неспособности миокарда

адекватно восстанавливаться после нагрузки.

**Рис. 4. Основные варианты ложноположительных дефектов перфузии при сопоставлении изображений с коррекцией поглощения**

**(AC, нижний ряд) и без нее (nAC, верхний ряд).**

******

**11. СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ**

Типовое заключение по перфузионной ОЭКТ миокарда со-

держит следующие разделы:

Заголовок: название лечебного учреждения, лаборатория/

отдел радионуклидной диагностики.

Данные пациента: ФИО, возраст, пол, дата обследования.

Название метода исследования: Перфузионная ОЭКТ мио-

карда, в покое и/или с нагрузочной пробой (физической, фар-

макологической), синхронизированная с ЭКГ, с коррекцией

поглощения.

Радиофармпрепарат, введенная активность (в МБк) в по-

кое и после нагрузочной пробы.

Эффективная доза облучения пациента (в мЗв).

Дата (даты) исследования.

Описательная часть должна выглядеть в следующем виде:

“На томосцинтиграммах в покое и после нагрузочной про-

бы визуализируется миокард левого (и правого) желудочка

сердца. Визуально полость левого желудочка не увеличена

(умеренно, резко увеличена). На серии томографических сре-

зов в покое распределение РФП равномерное (неравномер-

ное, несколько неравномерное, без грубых дефектов аккуму-

ляции). Визуализируется (выраженное, умеренное) снижение

включения РФП (указывается локализация дефектов с ис-

пользованием номенклатуры, указанной на рис. 1А).

(Примечание: по данным одного только исследования в

покое некорректно говорить о наличии очагово-рубцового по-

вреждения миокарда даже при наличии достоверного дефек-

та перфузии.)

При сопоставлении данных в покое и после нагрузочной

пробы регистрируются (не регистрируются) признаки очаго-

во-рубцового повреждения миокарда (указывается локализа-

ция дефектов и их тяжесть, площадь повреждения в %). При

данном уровне выполненной нагрузки и достигнутой при этом

ЧСС (перечисляются параметры пробы: положительная/отри-

цательная/сомнительная/не доведенная до диагностических

критериев. Это необходимо, поскольку при сомнительной

или недиагностической пробе тяжесть преходящей ишемии,

скорее всего, будет недооцененной, что обязательно нужно

подчеркнуть в заключении) отмечается улучшение перфузии

(указывается локализация), ухудшение перфузии (указывает-

ся локализация), последнее является признаком преходящей

ишемии миокарда (начального нарушения кровоснабжения,

не достигающего количественных критериев достоверной

преходящей ишемии миокарда) указанной локализации. В

случае, если участок преходящей ишемии по локализации

точно соответствует бассейну какой-либо коронарной арте-

рии (см. рис. 1Б), можно высказать предположение о пора-

жении данной артерии. При наличии изменения (ухудшения,

а особенно улучшения) перфузии в зоне уже имеющегося по-

вреждения, можно предположить наличие жизнеспособного

миокарда в этой зоне.

По данным синхронизированной ОЭКТ миокарда ФВ ЛЖ

в покое составляет … % (N>50%), КДО – … мл, КСО – … мл,

УО – …мл. Нарушений глобальной/локальной сократимости

не отмечается (визуализируется гипокинез, акинез, дискинез,

указывается локализация). При исследовании после нагру-

зочной пробы динамики сократительной функции не наблю- дается (отмечается улучшение, ухудшение сократительной

функции, указывается ФВ, КДО, КСО, УО). Указываются несо-

ответствия между перфузией и сократимостью (признаки ги-

бернации, оглушения миокарда, или же признаки сохранной

сократимости на фоне фиброзно-рубцового повреждения)

В заключение выносится главный результат исследования:

наличие/отсутствие очагово-рубцовых повреждений, прехо-

дящей ишемии, нарушений сократимости, признаков жизне-

способности миокарда ЛЖ.”

После текстовой части заключения располагают изобра-

жения с сопутствующими количественными параметрами:

- Перфузионные изображения в покое, после нагрузочной

пробы, и разностные карты. В случае выполнения коррек-

ции поглощения, как правило, в заключение выносятся либо

AC, либо nAC-изображения, наиболее наглядно отражающие

текст заключения. Из вариантов представления полярных

карт (процентные карты, карты глубины и распространенно-

сти) также выбирают наиболее наглядные. Обязательно пред-

ставляются полярные карты и несколько томографических

срезов (например, как представлено на рис. 2). Полная карта

срезов – по необходимости.

- Карты сократимости ЛЖ. Если динамики сократимости

при двух исследованиях не было – в заключение выносят кар-

ты сократимости после нагрузочной пробы. Если динамика

была – публикуют оба набора.

При печати заключения на бумагу, для изображений необ-

ходимо выбирать цветовую шкалу, позволяющую кардиологу

или другому врачу-радиологу интерпретировать распечатан-

ные изображения.