
Содержание

Участники издания	6
Предисловие к изданию на русском языке	7
Предисловие к изданию на английском языке	8
Список сокращений и условных обозначений	10
1. Технические рекомендации для ПЭТ/КТ сердца (<i>М.Ф. Ди Карли, Р. Гвиббини, Д. Альбано, Е. Милан, И. Карваял, Е. Александерсон, Д. Паеи, М. Донди</i>)	11
2. Диагностика ишемической болезни сердца (<i>М.Ф. Ди Карли, Р. Гвиббини, П. Рагги, В. Сингх, Д. Альбано, Л. Камони, М. Бертоли, Ц. Роделла, М. Донди, Р. Эндозо, А. Торнтон, Д. Паеи</i>)	29
3. Оценка инфильтративных кардиомиопатий (<i>М.Ф. Ди Карли, В. Сингх, С. Дивакаран, С. Кадди, С. Дорбала, Р. Гвиббини, М. Донди</i>)	106
4. Оценка воспаления и инфекции сердечно-сосудистой системы (<i>Р. Гвиббини, Е. Милан, В. Сингх, М.Ф. Ди Карли, М. Донди, И. Карваял, Е. Александерсон, Ц. Роделла, Д. Паеи</i>)	131
5. Новые приложения (<i>М.Ф. Ди Карли, Р. Гвиббини, М. Уильямс, М. Бертоли, М. Донди, Д. Паеи, Е. Милан</i>)	145

Технические рекомендации для ПЭТ/КТ сердца

1

М.Ф. Ди Карли, Р. Гвиббини, Д. Альбано, Е. Милан,
И. Карваял, Е. Александерсон, Д. Паец, М. Донди

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) — это неинвазивный метод визуализации, в котором используются биологические молекулы, меченные позитрон-излучающими радионуклидами. В отличие от других методов визуализации, таких как компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), которые предоставляют анатомическую или структурную информацию, ПЭТ позволяет получать уникальную количественную информацию о важных биологических процессах в живом организме *in vivo* (например, о перфузии и метаболизме миокарда, воспалении, иннервации, плотности рецепторов).

Помимо широкого применения ПЭТ в онкологии, данный метод визуализации сердца становится важным для выявления физиологически значимой ишемической болезни сердца (ИБС), оценки инфильтративных заболеваний (например, саркоидоза, амилоидоза), верификации жизнеспособности миокарда и инфекционного эндокардита. Современные системы ПЭТ сочетаются с КТ, которая предоставляет дополнительную информацию о распространенности атеросклероза и морфологии бляшек.

Уникальным преимуществом ПЭТ является его способность обеспечивать абсолютную количественную оценку кровотока в миокарде в миллилитрах в минуту на грамм (мл/мин/г) ткани миокарда. Как показано в этом атласе, количественная информация о кровотоке повышает диагностическую ценность ПЭТ-визуализации перфузии миокарда, улучшает стратификацию риска и помогает в ведении пациентов.

1.1. Общее описание позитронно-эмиссионных радиофармацевтических препаратов

ПЭТ-радионуклиды для визуализации перфузии миокарда

Рубидий-82 (Rubidium-82, Rb-82, ⁸²Rb) — меченый радиоактивным изотопом, используемый в ПЭТ для визуализации перфузии миокарда. Он представляет собой одновалентный катионный аналог калия, получаемый в генераторе из материнского радионуклида стронция-82 путем элюирования. Это наиболее часто используемый радиофармацевтический препарат для ПЭТ-визуализации перфузии миокарда, особенно в Соединенных Штатах Америки (США). Период полураспада стронция-82 составляет 25,5 дней, при этом образуются атомы рубидия-82 в результате захвата электронов. Физический период полураспада Rb-82 равен 76 с. Он элюируется обычным изотоническим раствором натрия хлорида с помощью насоса для элюации с компьютерным управлением, подключенного с помощью внутривенной системы непосредственно к пациенту. Генератор можно элюировать примерно каждые 10 мин, что позволяет очень быстро получать последовательную визуализацию миокарда в состоянии покоя и стресса. Учитывая сверхкороткий период полураспада Rb-82, выполнение нагрузочных проб с этим изотопом невозможно. Данный радиофармацевтический препарат с высокой эффективностью извлекается клетками миокарда из плазмы с помощью Na^+ , K^+ -АТФазного насоса. Экстракция Rb-82 из миокарда превосходит показатели перфузионных маркеров, меченных технецием-99m (^{99m}Tc), но уступает [¹³N]аммонию при высоких скоростях потока. Энергия позитронов, испускаемых при распаде Rb-82, намного выше, чем у ¹³N

или изотопа фтора ^{18}F . Следовательно, расстояние между участком распада и участком аннигиляции (так называемый позитронный диапазон) выше для Rb-82, что негативно влияет на пространственное разрешение ПЭТ-изображений.

^{13}N аммоний (Аммоний, ^{13}N) обладает высокой эффективностью извлечения при первом проходе и высоком кровотоке в миокарде, что делает его идеальным для визуализации перфузии сердечной мышцы. Основным ограничением является то, что, учитывая период его полураспада, составляющий 9,96 мин, требуется наличие циклотрона и возможности радиохимического синтеза на месте. Недавно на рынке появились новые «настольные» циклотроны, потенциально позволяющие более широко использовать Аммоний, ^{13}N в клинических условиях. Этот коммерчески доступный мини-циклотрон с автоматизированным синтезом позволяет производить Аммоний, ^{13}N на месте без необходимости в более крупномасштабном производстве. После внутривенной инъекции радиофармацевтический препарат подвергается быстрой элиминации из крови с диффузией через клеточные мембраны и удерживанием внутри кардиомиоцита в результате необратимого ферментативного превращения в глутаминовую кислоту. Задержка ^{13}N аммония в миокарде может быть неоднородной у некоторых пациентов с явными дефектами боковой стенки левого желудочка. Качество изображений, полученных при помощи ^{13}N аммония, также может ухудшаться из-за случайной повышенной активности печени, что может помешать оценке нижней стенки левого желудочка. Хотя секвестрация ^{13}N аммония в легких обычно минимальна, она может быть увеличена у пациентов с пониженной систолической функцией левого желудочка (ЛЖ) или хроническим заболеванием легких, а иногда и у курильщиков, что может препятствовать оценке состояния боковой стенки ЛЖ. Кроме того, относительно длительный период полураспада данного радиофармацевтического препарата также позволяет сочетать его с нагрузочной пробой.

Радиоактивная вода, меченная O-15 (^{15}O вода) — это циклотронный продукт с физическим периодом полураспада 2,07 мин, представляющий собой свободно диффундирующий агент с очень высокой степенью включения миокардом в широком диапазоне миокардиальных кровотоков (МК). Степень извлечения радиофармацевтического препарата не зависит от его расхода, что делает его идеальным средством для количественной оценки кровотока в миокарде. Однако, поскольку это свободно диффундирующий индикатор, визуализация затруднена из-за его высокой концентрации в крови. Параметрические изображения потока можно использовать для определения наличия и степени регионарных дефектов перфузии, но они имеют

относительно более низкое качество по сравнению с Rb-82 и ^{13}N аммонием. Генерация многокадровых синхронизированных изображений для расчета объемов ЛЖ и фракции выброса является сложной задачей и не выполняется рутинно.

Флурпиридаз (F-18) — это исследуемый индикатор перфузии, который в настоящее время проходит оценку в рамках III фазы клинических испытаний (^{18}F -BMS747158-02, NCT03354273). Он обладает более высокой степенью включения миокардом при первом прохождении, чем ^{13}N аммоний и Rb-82. Период полураспада F-18, равный 108 мин, делает этот изотоп идеальным для распределения единичной дозы, тем самым облегчая более широкий доступ к ПЭТ-визуализации сердца без необходимости использования циклотрона на месте или генератора $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$.

Метаболизм миокарда

Фтордезоксиглюкоза (ФДГ) — это аналог глюкозы, получаемый в циклотроне с соответствующими специализированными радиохимическими модулями. Относительно длительный период полураспада ФДГ позволяет производить ее за пределами медицинского учреждения и поставлять радиофармацевтический препарат в день исследования. Подобно обычной глюкозе, ФДГ транспортируется в миокард специфическими транспортерами глюкозы 1 и 4 (glucose transporter — GLUT1 и GLUT4) посредством облегченной диффузии. Внутри кардиомиоцита ФДГ подвергается фосфорилированию и захвату, что является маркером метаболизма глюкозы. ФДГ в настоящее время используют для оценки жизнеспособности миокарда и выявления воспаления/инфекции миокарда.

1.2. Протоколы проведения позитронно-эмиссионной томографии

На рис. 1.1 схематически изображены стандартные протоколы, используемые для визуализации перфузии миокарда с помощью ПЭТ/КТ. Со специальными протоколами для определения жизнеспособности миокарда можно ознакомиться в разделе 2.7, а с протоколами визуализации воспаления/инфекции — в разделе 4.1.

Компьютерная томография. Позиционирование пациента выполняют с помощью контрольного изображения КТ или топограммы, за которым следует низкодозная скрининговая КТ, используемая для коррекции ослабления сигнала мягкими тканями. Параметры сбора данных для сканирования с передачей КТ варьируют в зависимости

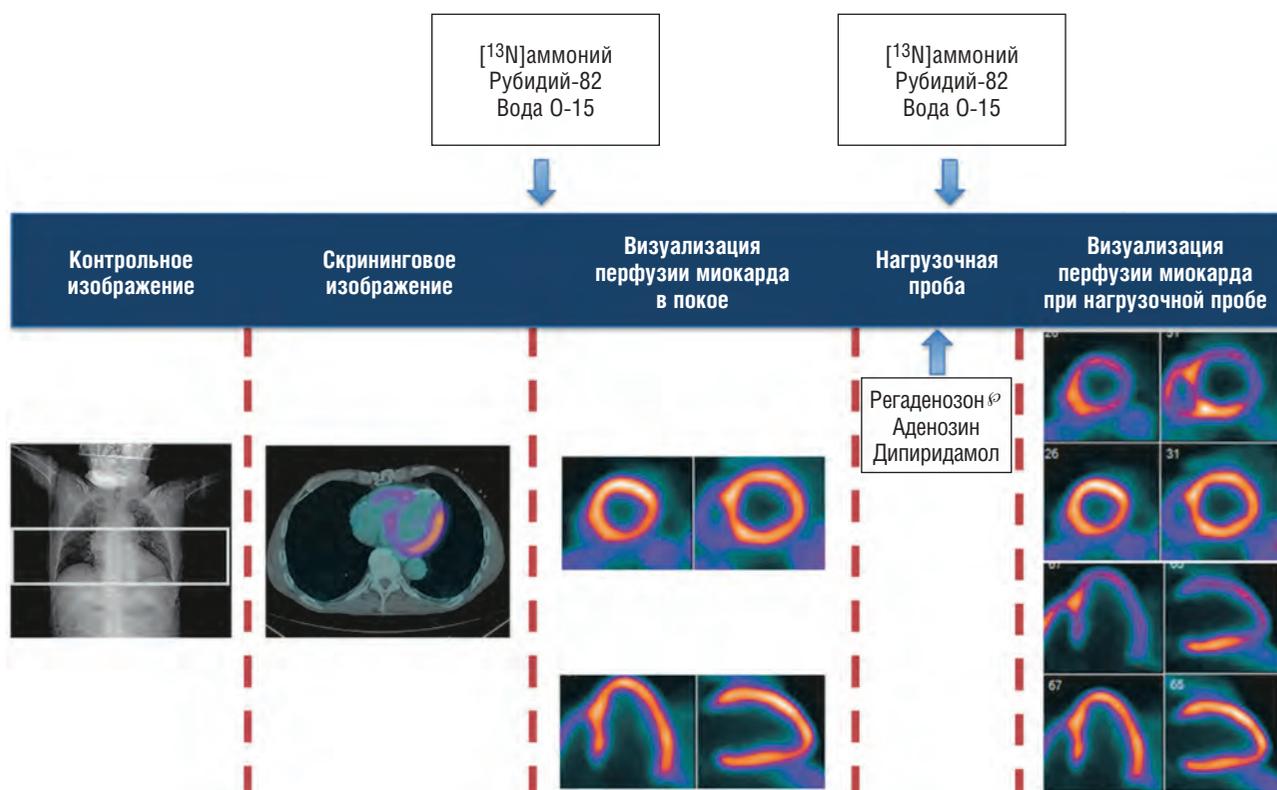


Рис. 1.1. Схематическое изображение протоколов визуализации перфузии миокарда с помощью позитронно-эмиссионной томографии

от конфигурации КТ-сканера (например, 8, 16, 64 мультidetекторных КТ). Однако общие настройки сканирования включают низкую скорость вращения, относительно большой шаг, переменный потенциал трубки (например, 80–140 кВп в зависимости от размера пациента) и низкий ток трубки. Скрининговое КТ-сканирование не является синхронизированным и выполняется во время неглубокого свободного дыхания. У пациентов без выявленной ИБС обычно также проводят отдельную КТ без синхронизации для количественной оценки кальцификации коронарных артерий. При отсутствии КТ с неконтрастной синхронизацией кальцификации коронарных артерий можно оценить полуколичественно на основе скрининговой КТ, полученной для коррекции поглощения излучения. У отдельных пациентов также возможно получить коронарную КТ-ангиографию (КТА) сразу после оценки перфузии миокарда, но для этого необходим, по крайней мере, 64-срезовый мультidetекторный КТ-сканер.

ПЭТ-сканирование. Дозу радиофармацевтического препарата следует корректировать в зависимости от массы тела пациента, оборудования и протокола сбора данных (например, 2D- или 3D-режим), а также протокола визуализации (например, одинаковая доза или протоколы с низкой или высокой дозой $[^{13}\text{N}]$ аммония).

Существует несколько способов получения изображений эмиссионной перфузии.

- **Синхронизированная с электрокардиограммой (ЭКГ) визуализация.** Это наиболее распространенный клинический подход при использовании сканеров без возможности получения данных в режиме списка. Визуализация начинается через 90–120 с после введения радиомаркера, чтобы можно было обеспечить выведение радиоактивных маркеров из легких и кровеносного сосуда. Продолжительность сканирования зависит от типа оборудования (например, аналоговой или цифровой ПЭТ-камеры) и используемого радиофармацевтического препарата (например, около 7 мин для рубидия-82 и 10–15 мин для $[^{13}\text{N}]$ аммония). Количество синхронизированных кадров в рамке обычно устанавливают равным 8 или 16.
- **Многокадровая, или динамическая, визуализация** состоит из серии нескольких статических изображений с заранее заданными временными рамками. Визуализация начинается с болюсного введения и продолжается в течение 7–15 мин в зависимости от используемого радиофармацевтического препарата, как описано выше. Этот режим сбора данных необходим для количественной оценки кровотока в миокарде (в мл/мин/г).

- *Визуализация в режиме списка.* Это идеальный и наиболее распространенный подход при использовании современных ПЭТ-аппаратов. В режиме списка каждое событие фиксируют с указанием времени обнаружения и местоположения, а также с данными ЭКГ, что позволяет соотнести время события с сердечным циклом. Информацию о времени обнаружения используют для ретроспективного форматирования данных в несколько временных рамок после завершения сбора данных. Затем данные в режиме списка можно переформатировать множеством различных способов, включая статические или суммированные изображения, синхронизированные изображения и многокадровые или динамические изображения.
- *Визуализация нагрузочных проб.* Ее обычно проводят с помощью фармакологических средств, чаще всего сосудорасширяющих (например, аденозина, дипиридамола или регаденозона[®]) или, в качестве альтернативы, инотропов (например, добутамина). Как кратко упоминалось ранее, тестирование можно выполнять с [¹³N]аммонием, а в будущем — и с флурпиридазом ¹⁸F. Нагрузочные пробы невозможно выполнять с рубидием-82 или радиоактивной водой, меченной O-15. Важно иметь в виду, что протоколы нагрузочных проб в настоящее время не позволяют количественно оценить МК, который, как описано выше, требует сбора исходных данных о фазе артериального давления для создания функции артериального давления.

Последовательность визуализации перфузии миокарда

- *Покой — нагрузочная проба.* Это наиболее распространенная последовательность. Учитывая ультракороткий период полураспада ⁸²Rb и [¹⁵O]воды, примерно одинаковую дозу используют для визуализации как в состоянии покоя, так и при нагрузочной пробе без необходимости ожидания снижения начальной дозы перед введением нагрузочной. При использовании [¹³N]аммония наиболее распространена одинаковая доза как для визуализации в состоянии покоя, так и при стресс-тесте. Такой подход требует немного более длительного ожидания между визуализацией в состоянии покоя и визуализацией при нагрузке, чтобы обеспечить радиоактивный распад начальной дозы (около 20–30 мин). С помощью современных ПЭТ/КТ можно выполнять низкодозную визуализацию в состоянии покоя и высокодозную нагрузочную без ожидания, что существенно (примерно на 35 мин) сокращает протокол.
- *Нагрузка—покой.* Некоторые лаборатории сначала проводят визуализацию при выполнении

нагрузочной пробы, поскольку отсутствие отклонений при первом исследовании может исключить необходимость в визуализации миокарда в состоянии покоя. Недостатком такого подхода является отсутствие возможности получить информацию о фракции выброса левого желудочка (ФВЛЖ) в состоянии покоя и напряжения или о резерве кровотока в миокарде, которая улучшает диагностику, стратификацию риска и ведение пациента, как описано в обзорах на основе конкретных случаев.

- *Только для нагрузочной пробы.* Ознакомьтесь с ограничениями, приведенными выше. Возможно, этот протокол идеально подходит для пациентов, проходящих ПЭТ-визуализацию перфузии миокарда при физической нагрузке.

Рекомендуемая литература

- Murthy VL, Bateman TM, Beanlands RS, Berman DS, Borges-Neto S, Chareonthaitawee P, Corbett JR. Clinical quantification of myocardial blood flow using PET: joint position paper of the SNMMI cardiovascular council and the ASNC. *J Nucl Cardiol.* 2017;25(1):269–297.
- Dilsizian V, Bacharach SL, Beanlands RS et al. ASNC imaging guidelines/SNMMI procedure standard for positron emission tomography (PET) nuclear cardiology procedures. *J Nucl Cardiol.* 2016;23:1187–1226.

1.3. Примеры исследований, проведенных с инфузией ⁸²Rb, [¹³N]аммония и [¹⁵O]воды

Пример 1: ПЭТ с визуализацией перфузии миокарда с использованием [¹³N]аммония

Анамнез

- Мужчина 59 лет с артериальной гипертензией, дислипидемией, сахарным диабетом и ожирением без известной ИБС.
- Направлен на ПЭТ/КТ с визуализацией перфузии миокарда с [¹³N]аммонием в состоянии покоя/стресса для оценки атипичной стенокардии и одышки (рис. 1.2, 1.3).

Изображения ПЭТ/КТ (см. рис. 1.2, 1.3)

Полученные данные

- Изображения в покое и после стресса демонстрируют нормальную перфузию миокарда.
- Количественный кровоток в миокарде и резерв кровотока находятся в норме как на регионарном, так и на глобальном уровне.
- ФВЛЖ в покое составила 59% и увеличилась до 64% при нагрузке.

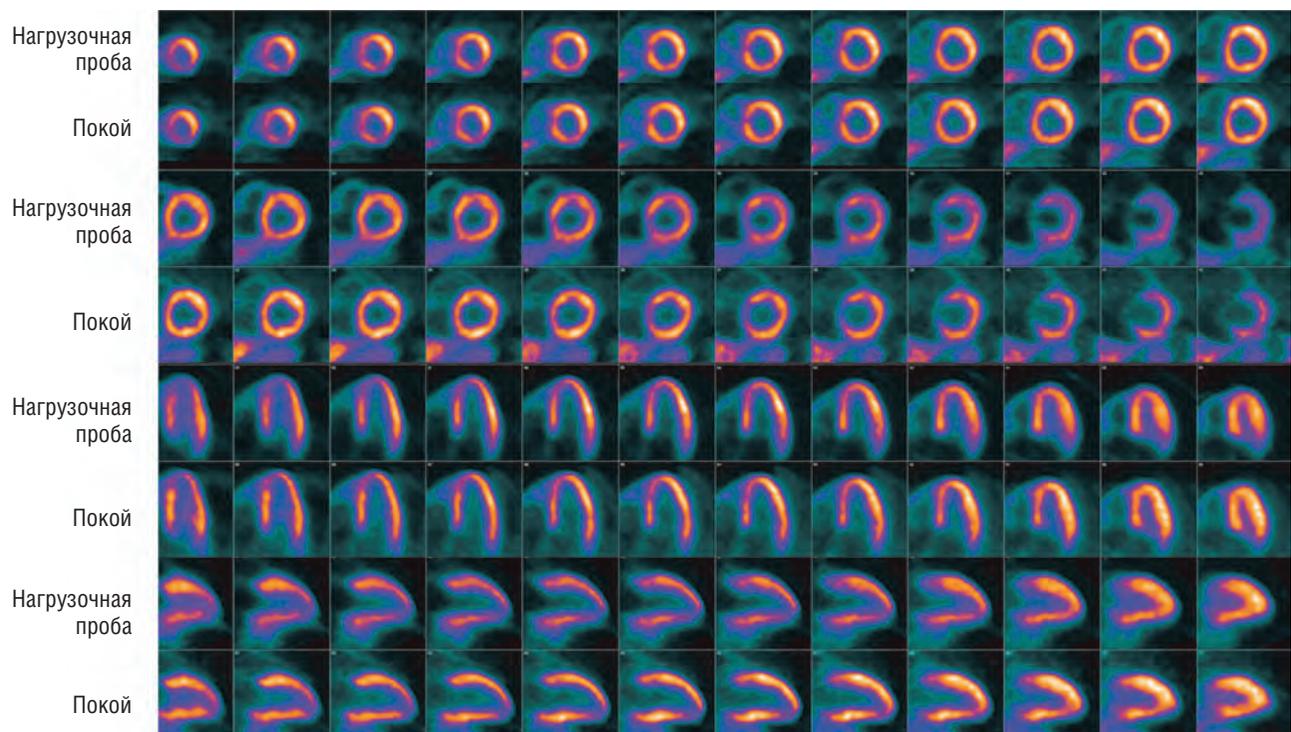


Рис. 1.2. Изображения перфузии миокарда в состоянии покоя и нагрузочной пробы с регаденозоном[®], полученные с использованием ^{13}N аммония в качестве индикатора перфузии. Расположение изображений: по короткой оси (вверху), горизонтальной длинной оси (посередине) и вертикальной длинной оси (внизу) сердце с изображениями нагрузочной пробы в верхней части каждой пары. Изображения демонстрируют нормальную регионарную перфузию миокарда. Часто наблюдается изолированный небольшой дефект на нижнеапикальном сегменте, отражающий эффект частичного объема (апикальное истончение) и не представляющий собой патологическую находку



Рис. 1.3. Вверху: кривые активность–время для сосудистой фазы (темно- и светло-зеленые кривые) и ткани миокарда (желтые и красные кривые) для изображений перфузии миокарда в состоянии стресса и покоя. Внизу: измерения кровотока в миокарде (мл/мин/г) в покое и во время нагрузочного теста с регаденозоном[®] для каждой коронарной артерии и для всего левого желудочка. Показан также резерв кровотока в миокарде (сравнение с кровотоком миокарда в покое). Результаты показывают нормальную максимальную скорость кровотока ($>1,8$ мл/мин/г) и резерв кровотока (>2) во всех коронарных зонах и для всего левого желудочка

- Объемы ЛЖ были в норме (значения не показаны).

Дифференциальная диагностика

- ИБС с обструкцией коронарных артерий.
- Коронарная микрососудистая дисфункция.

Корреляционная визуализация

- Отсутствует.

Тактика ведения

- Переоценка и управление факторами риска.

Обучающие моменты

- ПЭТ-исследование визуально нормальной перфузии миокарда с нормальным нагрузочным кровотоком в миокарде и резервом кровотока имеет очень высокую чувствительность и отрицательное прогностическое значение для исключения ИБС, ограничивающей кровотоки.
- Нормальный резерв кровотока в миокарде исключает возможность ИБС с обструкцией коронарных сосудов и дисфункцию коронарных микрососудов.

Рекомендуемая литература

Murthy V, Bateman T, Beanlands R, Berman D, Borges-Neto S, Chareonthaitawee P et al. Clinical quantification of myocardial blood flow using PET: joint position paper of the SNMMI cardiovascular council and the ASNC. *J Nucl Cardiol.* 2017;25:269–297.

Ziadi M, deKemp R, Williams K, Guo A, Renaud J, Chow B et al. Does quantification of myocardial flow reserve using rubidium-82 positron emission tomography facilitate detection of multivessel coronary artery disease?. *J Nucl Cardiol.* 2012;19:670–680.

Naya M, Murthy V, Taqueti V, Foster C, Klein J, Garber M et al. Preserved coronary Flow reserve effectively excludes high-risk coronary artery disease on angiography. *J Nucl Med.* 2014;55:248–255.

Пример 2: ПЭТ с визуализацией перфузии миокарда с использованием ^{82}Rb

Анамнез

- Мужчина 72 лет с жалобами на одышку при физической нагрузке.
- Артериальная гипертензия, сахарный диабет и ожирение в анамнезе.
- Направлен на ПЭТ/КТ с визуализацией перфузии миокарда в состоянии покоя/стресса для оценки возможной ИБС с обструкцией коронарных сосудов.

Результаты

- Изображения перфузии миокарда в покое и при нагрузке не демонстрируют признаков регионарных нарушений перфузии (**рис. 1.4**).
- Количественные показатели МК и резерва миокардиального кровотока (МК) (референсные значения >2) являются нормальными как на регионарном, так и на глобальном уровне (**рис. 1.5**).

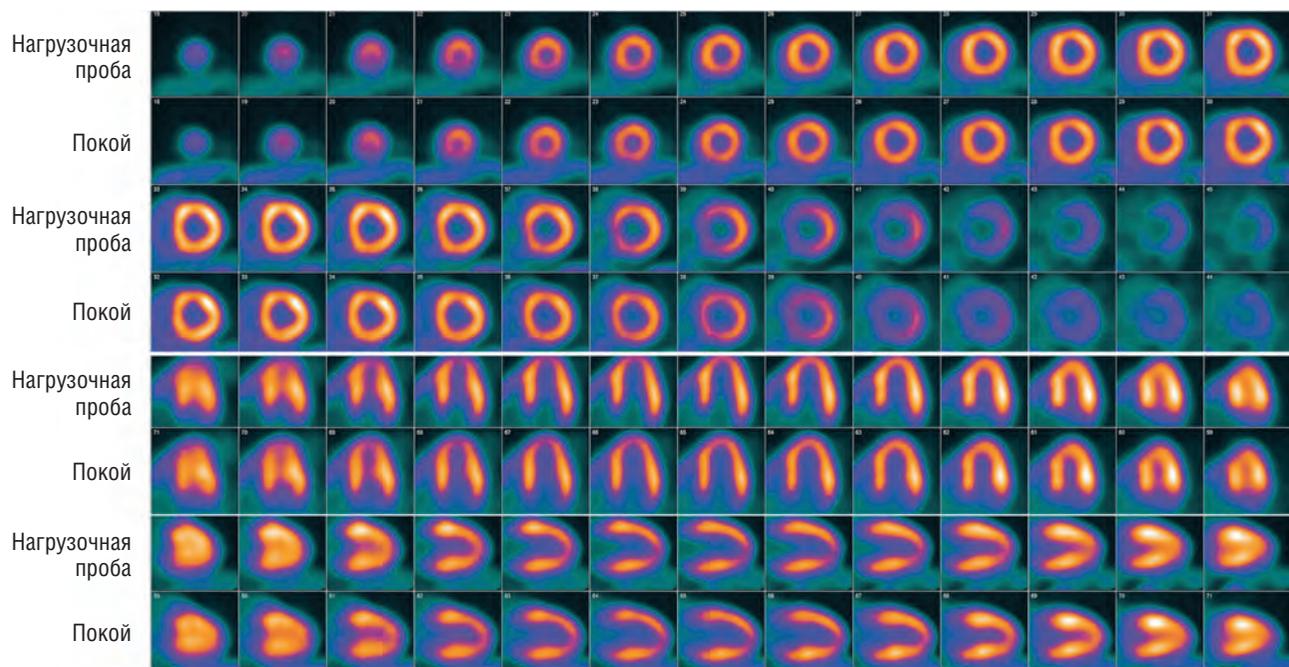


Рис. 1.4. Изображения перфузии миокарда в состоянии покоя и при выполнении нагрузочной пробы с регаденозоном ^{82}Rb , полученные с использованием ^{82}Rb в качестве индикатора перфузии. Изображения отображаются по короткой оси (вверху), горизонтальной длинной оси (посередине) и вертикальной длинной оси (внизу) сердца с изображениями нагрузочной пробы в верхней части каждой пары. Изображения демонстрируют нормальное и однородное распределение радиофармацевтического препарата по всему левому желудочку без регионарных дефектов перфузии



Рис. 1.5. Результаты показывают нормальную максимальную скорость миокардиального кровотока при нагрузке ($>1,8$ мл/мин/г) и резерв миокардиального кровотока (>2) для всех коронарных артерий левого желудочка

Измерения МК (мл/мин/г) в покое и во время нагрузочного теста с регаденозоном[®] для каждой коронарной артерии и для всего ЛЖ представлены на **рис. 1.3**. Показан также РМК (нагрузочная проба по сравнению с МК в покое).

Дифференциальная диагностика

- Отсутствует.

Корреляционная визуализация

- Отсутствует.

Тактика ведения

- Переоценка и управление факторами риска.

Обучающие моменты

- Как обсуждалось в случае 1 с ^{13}N аммонием, нормальные результаты визуального исследования перфузии миокарда с помощью ПЭТ с ^{82}Rb при нормальном МК и функциональном РМК во время нагрузочной пробы имеют очень высокую чувствительность и отрицательную прогностическую ценность для исключения ИБС, ограничивающей кровотоки.
- Нормальный РМК исключает коронарную микроваскулярную дисфункцию.

Рекомендуемая литература

Mc Ardle B, Dowsley T, deKemp R, Wells G, Beanlands R. Does Rubidium-82 PET have superior accuracy to SPECT perfusion imaging for the diagnosis of obstructive coronary disease? *J Am Coll Cardiol.* 2012;60:1828–1837.

Parker M, Iskandar A, Limone B, Perugini A, Kim H, Jones C et al. Diagnostic accuracy of cardiac positron emission tomography versus single photon emission computed tomography for coronary artery disease: a bivariate meta-analysis. *Circ: Cardiovasc Imaging.* 2020;5:700–707.

Neglia D, Rovai D, Caselli C, Pietila M, Teresinska A, Aguadé-Bruix S et al. Detection of significant coronary artery disease by noninvasive anatomical and functional imaging. *Circ: Cardiovasc Imaging.* 2015;8.

Takx R, Blomberg B, Aidi H, Habets J, de Jong P, Nagel E et al. Diagnostic accuracy of stress myocardial perfusion imaging compared to invasive coronary angiography with fractional flow reserve meta-analysis. *Circ: Cardiovasc Imaging.* 2015;8. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.114.002666>.

Благодарность

Изображения, полученные с ^{82}Rb , любезно предоставлены доктором Муазом Аль-Маллахом (Mouaz Al-Mallah), Методистская больница, Хьюстон, Техас.

Пример 3: ПЭТ с визуализацией перфузии миокарда с использованием ^{15}O воды

Анамнез

- Женщина 59 лет с гиперлипидемией, артериальной гипертензией, ожирением и гипертиреозом в анамнезе была направлена на ПЭТ/КТ для оценки перфузии миокарда с ^{15}O водой в состоянии покоя/стресса для оценки атипичной стенокардии и слабости (**рис. 1.6, 1.7**).

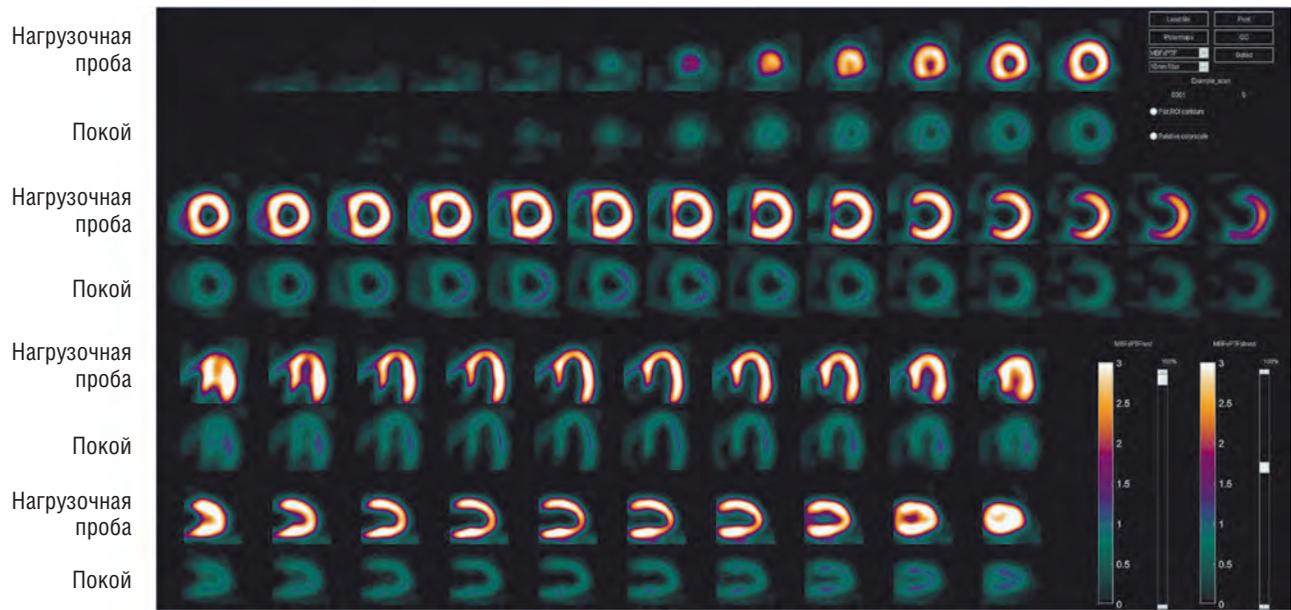


Рис. 1.6. Изображения перфузии миокарда в состоянии покоя и нагрузочного теста с регаденозоном ϕ , полученные с использованием $[^{15}\text{O}]$ воды в качестве индикатора перфузии. Расположение изображений: по короткой оси (вверху), горизонтальной длинной оси (посередине) и вертикальной аксиальной оси (внизу) сердца с изображениями нагрузочной пробы в верхней части каждой пары. Изображения демонстрируют нормальное и однородное распределение радиофармацевтического препарата по всему левому желудочку без регионарных дефектов перфузии

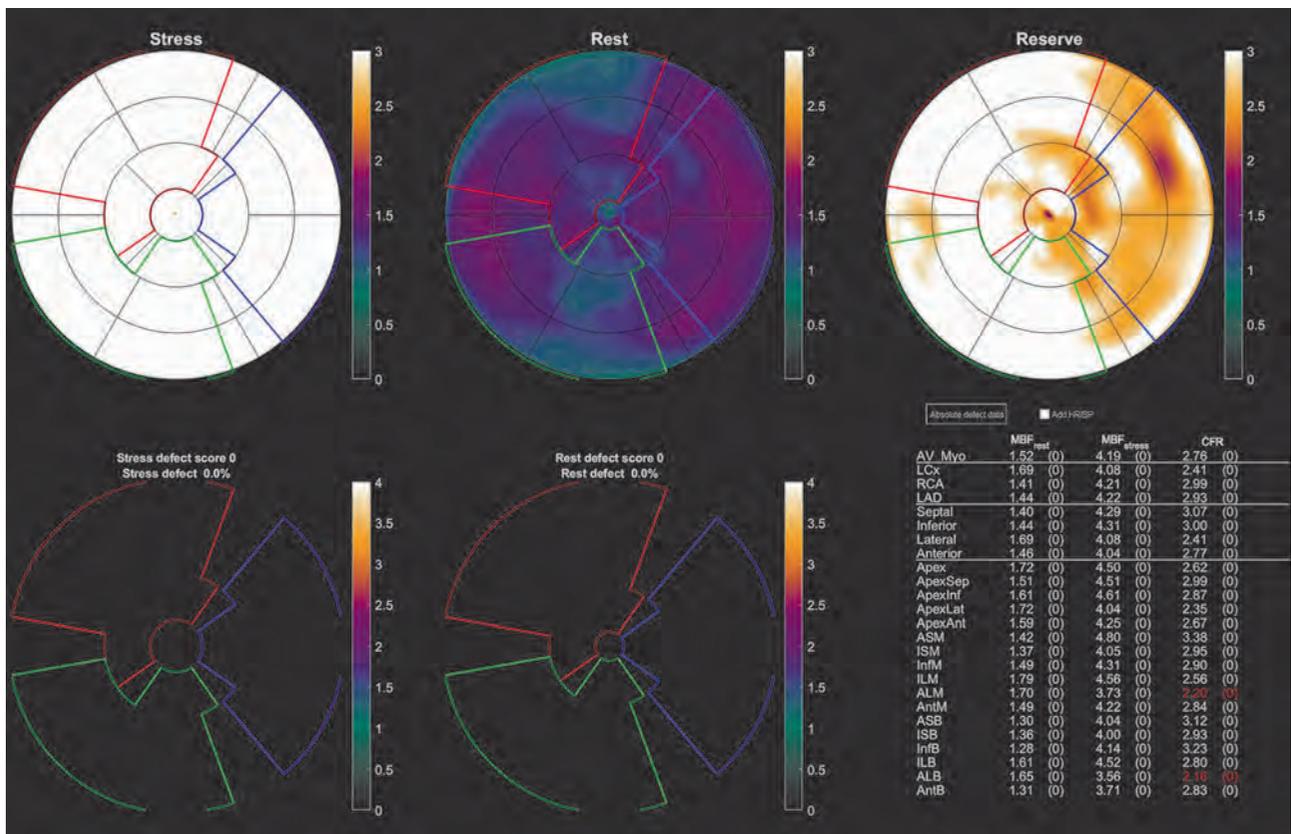


Рис. 1.7. Вверху: параметрические полярные карты, отображающие сегментарные значения миокардиального кровотока для изображений перфузии миокарда при нагрузке сосудорасширяющими средствами и в состоянии покоя, полученные с $[^{15}\text{O}]$ водой. Цвет на полярных картах соответствует значению миокардиального кровотока. Полярная карта в правом верхнем углу показывает соответствующий резерв миокардиального кровотока. Внизу: соответствующие значения миокардиального кровотока покоя и нагрузки, а также резерв миокардиального кровотока

Изображения ПЭТ/КТ (см. рис. 1.6, 1.7)

Полученные данные

- Изображения параметрического кровотока в покое и при нагрузке демонстрируют нормальную перфузию миокарда. Параметрические изображения масштабируются до максимального значения кровотока, отсюда и различия относительной интенсивности на изображениях стресса и покоя.
- Количественные параметры перфузии миокарда и резерва кровотока находятся в норме как на регионарном, так и на глобальном уровне.

Дифференциальная диагностика

- ИБС с обструкцией коронарных сосудов.
- Коронарная микрососудистая дисфункция.

Корреляционная визуализация

- Отсутствует.

Ведение

- Переоценка и управление факторами риска.

Обучающие моменты

- ПЭТ-исследование визуально нормальной перфузии миокарда с нормальными значениями МК и РМК при нагрузке обладает очень высокой чувствительностью и отрицательной прогностической ценностью для исключения ИБС, ограничивающей кровоток. Более того, недавнее исследование сравнительной эффективности продемонстрировало, что количественная ПЭТ-перфузия миокарда с $[^{15}\text{O}]$ водой обладает наивысшей точностью диагностики и исключения ИБС с обструкцией коронарных сосудов по сравнению с компьютерной коронарографией с определением фракционного резерва кровотока или без него и ОФЭКТ с визуализацией перфузии миокарда (см. список рекомендуемой литературы).
- Нормальный резерв кровотока в миокарде также исключает возможность дисфункции коронарных микрососудов.

Рекомендуемая литература

- Danad I, Rajmakers P, Driessen R, Leipsic J, Raju R, Naoum C et al. Comparison of coronary CT angiography, SPECT, PET, and hybrid imaging for diagnosis of ischemic heart disease determined by fractional flow reserve. *JAMA Cardiol.* 2017;2:1100–1107.
- Driessen R, Danad I, Stuijffzand W, Rajmakers P, Schumacher S, van Diemen P et al. Comparison of coronary computed tomography angiography, fractional flow reserve, and perfusion imaging for ischemia diagnosis. *J Am Coll Cardiol.* 2019;73:161–173.

Благодарность

Изображения, полученные при помощи $[^{15}\text{O}]$ воды, любезно предоставлены доктором Дж. Генрихом Хармсом (Henrich Harms) и Йенсом Соренсеном (Jens Sorensen), Университет Уппсалы, Швеция.

1.4. Распознавание артефактов и устранение неполадок

1.4.1. Неправильная регистрация

Пример 4

Анамнез

- Мужчина 57 лет без ИБС в анамнезе направлен на перфузионную ПЭТ/КТ миокарда в состоянии покоя/стресса для оценки атипичной стенокардии (рис. 1.8, 1.9).

Изображения ПЭТ/КТ (см. рис. 1.8, 1.9)

Полученные данные

- Полученные при выполнении нагрузочной пробы восстановленные изображения демонстрируют дефект перфузии среднего размера выраженной интенсивности, затрагивающий переднебоковую стенку (стрелки), показывающий полную обратимость.
- Однако проверка изображений с эмиссией и трансмиссией КТ демонстрирует несоответствие между двумя наборами данных, при этом переднебоковая стенка перекрывает поле легкого на изображениях КТ.
- Исправление смещения эмиссионной/КТ трансмиссии привело к устранению дефекта перфузии и получению нормального изображения.

Дифференциальная диагностика

- ИБС с обструкцией коронарных сосудов с ишемией миокарда в бассейне одного коронарного сосуда.

Корреляционная визуализация

- Отсутствует.

Тактика ведения

- Переоценка и управление факторами риска.

Обучающие моменты

- Тщательный контроль сопоставления излучения/трансмиссии КТ является важнейшим этапом контроля качества при оценке изображения ПЭТ/КТ сердца.
- Выявленное смещение должно быть скорректировано, и изображения повторно реконструированы