

## Как кардиологу выбрать подходящий нагрузочный тест для диагностики ИБС и оценки жизнеспособности миокарда?

*Дарья Алесенко, врач функциональной диагностики ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ, г. Москва*

Для диагностики ИБС применяют различные неинвазивные обследования, которые подразделяют на функциональные тесты, методы для оценки коронарной анатомии и гибридные методики.

Метод для диагностики ИБС выбирают исходя из предтестовой вероятности (ПТВ) заболевания. Пациентам с низкой ПТВ (5–15%) лучше провести МСКТ-ангиографию коронарных артерий, так как у нее высокая отрицательная прогностическая ценность. Пациентам с более высокой ПТВ ИБС (>15%), высокой вероятностью проведения реваскуляризации назначают один из визуализирующих нагрузочных стресс-методов. Его выбирают и в том случае, если необходимо оценить жизнеспособность миокарда.

Типичные			Атипичные		Неангинальные		Одышка	
Возраст	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
30–39	3%	5%	4%	3%	1%	1%	0%	3%
40–49	22%	10%	10%	6%	3%	2%	12%	3%
50–59	32%	13%	17%	6%	11%	3%	20%	9%
60–69	44%	16%	26%	11%	22%	6%	27%	14%
70+	52%	27%	34%	19%	24%	10%	32%	12%

### Оценка предтестовой вероятности ИБС

Функциональные нагрузочные пробы помогают выявлять ишемию миокарда на ранних стадиях и обладают высокой чувствительностью и специфичностью в диагностике ИБС. Основной принцип нагрузочной пробы — провокация ишемии миокарда. Проба с физической нагрузкой остается одним из наиболее доступных методов скринингового обследования в диагностике ССЗ, стратификации риска, прогноза и оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и оценке эффективности терапии. Основные достоинства нагрузочных проб — возможность их стандартизации и хорошая воспроизводимость. Они могут также быть полезными для оценки эффективности реваскуляризации и при подборе режима физических упражнений в процессе реабилитации.

Нагрузочные пробы дают возможность оценить толерантность к физической нагрузке. Снижение ТФН у пациентов с установленной или вероятной ИБС ассоциируется с повышением риска неблагоприятных событий и более тяжелыми функциональными ограничениями.

Для оценки ТФН используют несколько параметров, включая максимальную продолжительность теста, максимально достигнутый уровень нагрузки в ваттах (Вт) при велоэргометрии или в метаболических эквивалентах (единицах, МЕТ) при тредмил-тесте, мощность нагрузки, максимальную ЧСС и двойное произведение. Для оценки ТФН используют пороговые значения. Преимущество оценки выполненной нагрузки в МЕТ — возможность сравнивать результаты разных тестирований, независимо от вида теста и выбранного протокола. Это отличает МЕТ от других показателей.

Р0466 8'0	Р0466 152	О16НР ВР1СОК9Я
Р0466 1'0	100-152	ВР1СОК9Я
4'0-8'0	20-12	СР6УННЯ
У0 3'0	52-20	ННЗК9Я
MEI2	B1	1016Р9Н1НОС1Р

### Показатели для оценки толерантности к физической нагрузке

Различные виды стресс-тестирований позволяют дополнить и уточнить имеющиеся клинические данные. Выбор конкретного теста необходимо основывать на данных стандартной ЭКГ покоя, способности пациента выполнять нагрузку и других факторах.

### Как выбрать стресс-тест для диагностики ИБС

Стресс-тесты в диагностике ИБС обладают различными чувствительностью и специфичностью. Отличия в диагностической точности разных методик визуализации не так существенны, и выбор методики основывается на ее доступности в конкретном медицинском учреждении.

Метод диагностики	Чувствительность	Специфичность
Стресс-ЭКГ	45-50%	85-90%
Стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой	80-85%	80-88%
Стресс-ЭхоКГ с добутамином	78-83%	82-86%
Стресс-ЭхоКГ с вазодилататором (АТФ)	72-79%	92-95%
Стресс-ОФЭКГ с физической нагрузкой	73-92%	63-87%
Стресс-ОФЭКГ с вазодилататором (АТФ)	90-91%	75-84%
Стресс-ПЭТ с вазодилататором (АТФ)	81-97%	74-91%
Стресс-МРТ с добутамином	79-88%	81-91%
Стресс-МРТ с вазодилататором (АТФ, дипиридамолом)	67-94%	61-85%

### Чувствительность и специфичность нагрузочных проб в диагностике ИБС

**Стресс-ЭКГ.** Изменения ST-T на ЭКГ — самые «исторически» известные и изученные маркеры ишемии. Нагрузочную ЭКГ проводят в случае, если визуализирующие стресс-тесты и МСКТ коронарных артерий недоступны или технически невозможны. Стресс-ЭКГ нельзя проводить пациентам с депрессией сегмента ST глубиной  $\geq 0,1$  мВ на ЭКГ покоя, получающим сердечные гликозиды и при снижении ФВ ЛЖ  $\leq 30\%$ . Исследование неинформативно при БЛНПГ, ритме ЭКС и синдроме WPW.

Диагностический критерий положительной ЭКГ-пробы с физической нагрузкой:

- горизонтальная депрессия сегмента ST не менее 1 мм;
- косонисходящая депрессия сегмента ST не менее 1 мм;
- медленная косовосходящая депрессия сегмента ST не менее 1,5 мм;
- элевация сегмента ST.

Указанные изменения ЭКГ должны быть как минимум в двух смежных отведениях. Однако депрессия сегмента ST на фоне нагрузки не специфична и имеет существенные ограничения, что приводит к большому количеству как ложноположительных, так и ложноотрицательных результатов.

### К сведению

Изменения на ЭКГ могут возникать и в случае, если у пациента нет коронарной обструкции: при гипертрофии миокарда, нарушениях внутрижелудочковой проводимости, электролитных и метаболических нарушениях, анемии. Особенно у женщин

в перименопаузе: в их возрастной группе около 40–50% нагрузочных тестов будут ложноположительными.

Частота ложноотрицательных проб составляет от 10 до 37%. Отрицательные результаты теста не исключают гемодинамически значимого поражения коронарных артерий — чаще всего ложноотрицательные результаты бывают у пациентов с одно- или двухсосудистым поражением и хорошим коронарным резервом. Также они могут быть у молодых пациентов из-за хорошей коллатерализации кровотока.

Методы визуализации, основанные на оценке перфузии, метаболизма или нарушений движения стенок миокарда ЛЖ, более точны в выявлении ишемии. При визуализирующих методах регистрируются более ранние события ишемического каскада.



*Последовательность событий ишемического каскада и неинвазивные методы диагностики*

**Стресс-ЭхоКГ.** Стресс-ЭхоКГ можно проводить при исходно измененной ЭКГ — при блокадах ножек пучка Гиса, гипертрофии левого желудочка, постинфарктных изменениях. Также исследование проводят, когда результаты стресс-теста с ЭКГ сомнительны.

Исследование позволяет выявить локальные нарушения сократимости ЛЖ на фоне физической нагрузки, обусловленные недостаточностью кровоснабжения в бассейне пораженного сосуда. Также исследование позволяет оценить перфузию миокарда — резерв коронарного кровотока (РКК). Это отношение диастолической скорости коронарного кровотока под нагрузкой к диастолической скорости в состоянии покоя.

РКК уменьшается пропорционально увеличению тяжести стеноза. При успешной реваскуляризации наблюдается восстановление значений РКК. Стресс-ЭхоКГ можно проводить одному и тому же пациенту многократно: для первичной диагностики ИБС, для наблюдения после реваскуляризации или оценки эффективности антиангинального лечения.

Разновидность стресс-ЭхоКГ, которую назначают чаще всего, — проба с физической нагрузкой. Реже проводят фармакологический тест с добутамином и чреспищеводную стимуляцию левого предсердия (ЧПЭС), а также нагрузочный тест со специальной программацией имплантированного постоянного ЭКС.

Метод провокации ишемии выбирают исходя из задачи исследования, физической подготовки пациента и технического оснащения медицинского учреждения. Например, при нарушениях в работе опорно-двигательного аппарата, тяжелых обструктивных заболеваниях легких, болезнях периферических сосудов, выраженном ожирении предпочтение отдают фармакологическому тесту. Критерий положительной пробы — ухудшение на фоне нагрузки локальной сократимости сегментов ЛЖ, имевших нормальную сократимость в покое.

## Физическая нагрузка - самый физиологичный способ провокации ишемии миокарда

Этот способ наиболее прост технически и понятен пациенту. Оборудование для проведения исследования наиболее доступно. Самое значимое ограничение стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой — снижение качества визуализации из-за усиления движения грудной клетки и гипервентиляции на пике нагрузки. Это затрудняет оценку кинетики стенок ЛЖ.

В случаях, когда активная физическая нагрузка противопоказана или ее невозможно провести, используют пробу с чреспищеводной электрической стимуляцией (ЧПЭС) предсердий. В ее основе лежит повышение потребности миокарда в кислороде за счет увеличения ЧСС без существенного изменения АД.

При проведении ЧПЭС нет гипертонической реакции на нагрузку, поэтому метод дает возможность дифференцировать истинно ишемические изменения сегмента ST от нарушений реполяризации из-за перегрузки ЛЖ давлением. Кратковременность стимуляции при ЧПЭС позволяет использовать метод у пациентов с нарушениями ритма сердца и подозрением на синдром слабости синусового узла, поскольку дает возможность оценить хронотропный потенциал.

К недостаткам пробы с ЧПЭС относят ограничение максимальной частоты стимуляции вследствие развития АВ-блокады, рефрактерной к введению атропина, в связи с чем пробу невозможно довести до диагностических критериев. Тем не менее обычно удается достичь ЧСС 130—140/мин — этого, как правило, достаточно для верификации ишемии.

Пациентам с имплантированным водителем ритма для диагностики стресс-индуцированной ишемии миокарда проводят нагрузочную пробу с интеррогированием ЭКС — это один из немногих возможных вариантов неинвазивной диагностики, поскольку ЭКГ-тесты неинформативны. Ограничение этого метода — асинхронное сокращение ЛЖ, затрудняющее оценку локальной сократимости.

Для провокации ишемии фармакологическим способом есть два агента. Первый — инотропный стимулятор добутамин, который вызывает увеличение потребления кислорода кардиомиоцитами. Положительный инотропный эффект добутамина в малых дозах позволяет определить гибернированный миокард. Второй агент — вазодилататор дипиридамол или аденозин (АТФ): эффект достигается за счет расширения интактных коронарных сосудов и развития синдрома обкрадывания в пораженных бассейнах.

### К сведению

В зависимости от задач исследования при введении добутамина используют различные протоколы. Для диагностики ИБС применяют высокодозовый протокол — он обеспечивает чувствительность, сравнимую с максимальной физической нагрузкой. При оценке жизнеспособности миокарда используют более низкие скорости введения. Если необходимой ЧСС достичь не удается, далее вводят атропин.

Преимущество фармакологических тестов заключается в том, что они дают возможность постоянного УЗИ-контроля за сократимостью и не подразумевают ограничений, связанных с физическим состоянием пациента. Из недостатков следует отметить проаритмогенный эффект, катетеризацию периферической вены и нефизиологичность нагрузки.

При использовании добутамина в 20% случаев возникает динамическая обструкция выносящего тракта ЛЖ и внутрижелудочковая обструкция. Также добутамин, как и физическая нагрузка, может значительно повышать артериальное давление.

У методик, оценивающих сократимость миокарда, более высокая специфичность, у радионуклидных методов — более высокая чувствительность

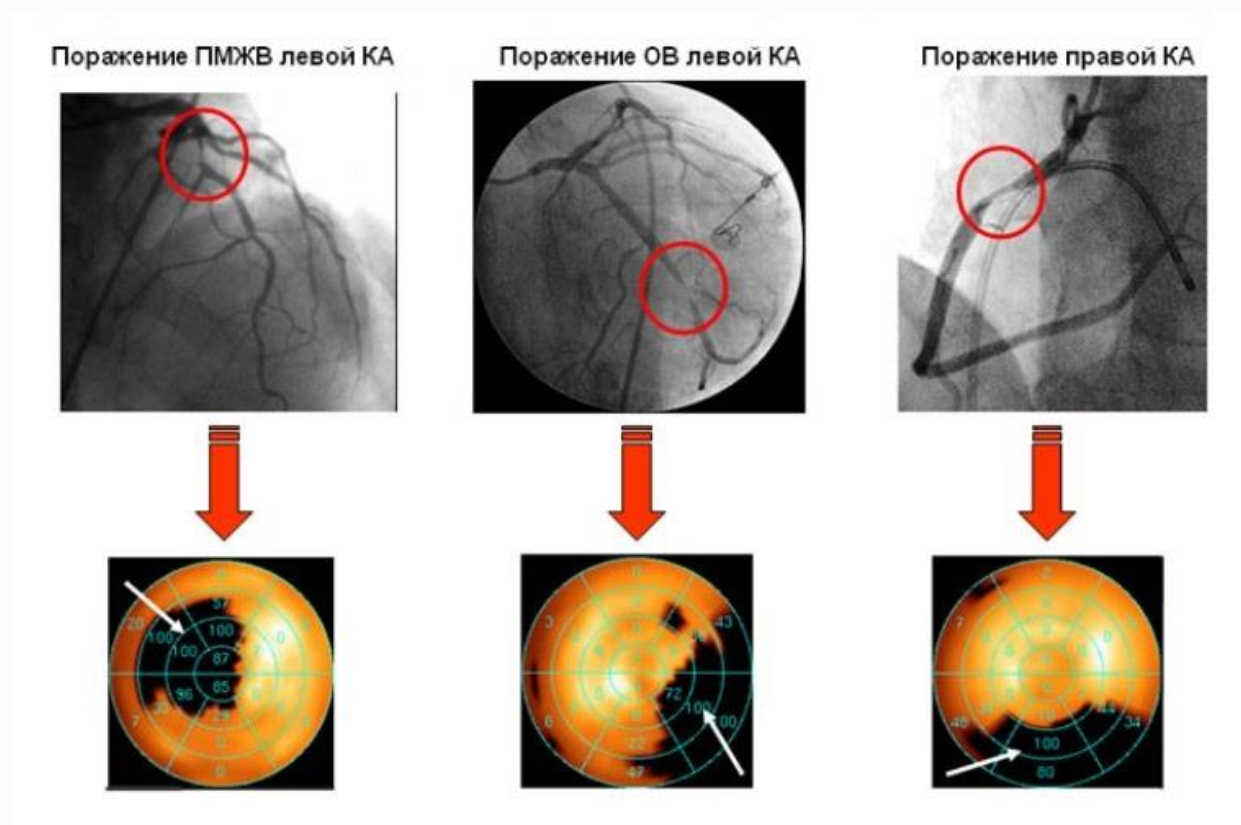
### Методы радионуклидной диагностики

Их подразделяют на две крупные группы на основании типа используемого радионуклида. К ним относят однофотонную (ОФЭКТ) и позитронную (ПЭТ) эмиссионную томографию. Методы особенно актуальны, когда исходно есть зона нарушения локальной сократимости миокарда.

Главное преимущество радионуклидной визуализации — возможность оценить перфузию, функцию, метаболизм органов или тканей на клеточном и молекулярном уровне. ОФЭКТ и ПЭТ позволяют дифференцировать весь спектр жизнеспособности миокарда, в том числе переходящую ишемию, гибернацию и оглушение миокарда. Это позволяет оценить потенциальный эффект от реваскуляризации стенозированного или окклюзированного сосуда.

При физической нагрузке в норме увеличивается потребность миокарда в кислороде — это приводит к равномерному увеличению объемного кровотока во всех участках ЛЖ. В зоне, которую кровоснабжает пораженная коронарная артерия, объемный кровоток в стрессовой ситуации возрастает в меньшей степени, чем в остальных зонах: возникает зона относительной гипоперфузии. Основная задача ОФЭКТ — определение таких зон. Методика основана на внутривенном введении радиофармпрепарата (РФП), который распределяется в миокарде пропорционально объемному кровотоку в нем. В качестве РФП обычно используют  $^{99m}\text{Tc}$ -МИБИ — технеций-99m-метоксиизобутилизонитрил.

ОФЭКТ позволяет провести топическую диагностику ишемии. Согласно рекомендациям, порог значимости объема ишемии составляет более 10% от площади ЛЖ, что соответствует поражению  $\geq 3$  сегментов.





ПЭТ позволяет дополнительно измерить абсолютный миокардиальный кровоток и коронарный резерв благодаря данным о распределении РФП в 3-мерном режиме и объемным динамическим режимам визуализации. Это важно для пациентов с 3-сосудистым поражением коронарного русла, когда перфузия снижена по всему ЛЖ.

Особую роль ПЭТ приобретает в диагностике жизнеспособности миокарда. В условиях дефицита кислорода основным энергетическим субстратом для миокарда становится глюкоза, и возрастает интенсивность ее захвата кардиомиоцитами. В клинической практике повышенный захват глюкозы ишемизированным миокардом чаще используют для дифференцировки необратимого и обратимого вариантов сократительной дисфункции ЛЖ в покое. При обратимой дисфункции (жизнеспособный миокард) развивается дисбаланс между объемным кровотоком и метаболической активностью миокарда в зоне поражения.

Как правило, кровоток оценивают по распределению изотопа аммония ( $^{13}\text{NH}$ ) или рубидия ( $^{82}\text{Rb}$ ), а в качестве маркера метаболизма используют фтордезоксиглюкозу ( $^{18}\text{F}$ ). В пользу жизнеспособности конкретного участка миокарда говорит относительное повышение захвата маркера метаболизма в сравнении с захватом маркера кровотока.

Основной недостаток и ограничение в повсеместном использовании радиоизотопных методов диагностики — высокая стоимость томографов и трудности в работе с РФП.

**МРТ.** Исследование имеет высокую диагностическую точность при оценке рубцового поражения миокарда и его распространенности. Но его эффективность не выше других методик. К преимуществам МРТ можно отнести высокое качество изображения, четкую визуализацию рубцовых изменений и оценку анатомии коронарного русла. При МРТ получают данные обо всех камерах сердца, что позволяет оценить функцию правого желудочка и диагностировать другие заболевания, помимо ИБС.

Существенные недостатки — ограниченная доступность, высокая стоимость, ограниченный диапазон рабочей ЧСС, применение только фармакологической нагрузки. Относительными недостатками также считают клаустрофобию, ожирение и невозможность выполнения при наличии металлических имплантов в теле.