

Федеральное государственное бюджетное учреждение
Национальный медицинский
исследовательский центр кардиологии
Министерства здравоохранения Российской Федерации

И.В. Сергиенко, М.В. Ежов, А.А. Аншелес, А.Б. Попова, У.В. Чубыкина

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ В КАРДИОЛОГИИ

Учебное пособие для слушателей дополнительного профессионального образования по
специальностям кардиология, терапия, врач общей практики, функциональная
диагностика, лучевая диагностика, лучевая терапия

ISBN 978-5-93856-337-7

УДК 612.17

ББК 54.10

Ч 82



Функциональные нагрузочные пробы в кардиологии/ И.В. Сергиенко, М.В. Ежов, А.А. Аншелес, А.Б. Попова, У.В. Чубыкина – Москва: _____, 2021 - _____ (Учебное пособие)

Утверждено на заседании Ученого Совета ФГБУ "НМИЦ кардиологии" Минздрава России от 24 февраля 2021 г., Протокол № 2.

Рецензенты:

Д.м.н., проф. Арабидзе Гурам Григорьевич

Д.м.н. Комаров Андрей Леонидович

Авторы:

Игорь Владимирович Сергиенко

Д.м.н., профессор кафедры кардиологии, руководитель лаборатории фенотипов атеросклероза ФГБУ «НМИЦК» МЗ РФ, директор Национального общества по изучению атеросклероза

Марат Владиславович Ежов

Д.м.н., профессор кафедры кардиологии, руководитель лаборатории нарушений липидного обмена ФГБУ «НМИЦК» МЗ РФ, президент Национального общества по изучению атеросклероза

Алексей Аркадьевич Аншелес

Д.м.н., с.н.с. отдела радионуклидной диагностики ФГБУ «НМИЦК» Минздрава России

Анна Борисовна Попова

К.м.н., н.с. лаборатории фенотипов атеросклероза ФГБУ «НМИЦК» Минздрава России

Ульяна Валериевна Чубыкина

Лаборант-исследователь лаборатории лаборатории нарушений липидного обмена
ФГБУ «НМИЦК» Минздрава России

Аннотация

В учебно-методическом пособии рассмотрены основные теоретические и практические аспекты проведения функциональных нагрузочных проб в диагностике ИБС, подробно описаны различные методики их применения, дана современная интерпретация проб, Представлено описание инструментальных диагностических методик исследования сердца и сосудов. Пособие рассчитано на врачей-кардиологов, терапевтов, специалистов по функциональной диагностике, принимающих участие в обследовании и лечении больных с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, а также на специалистов прочих специальностей, желающих ознакомиться с современными методиками функциональной диагностики ИБС.

СОДЕРЖАНИЕ

НАЗВАНИЕ	СТРАНИЦА
Введение	
Функциональные пробы в кардиологии	
ЭКГ в покое у больных ИБС	
Противопоказания к проведению нагрузочных проб	
Методика проведения нагрузочных проб	
Показания к прекращению пробы	
Осложнения нагрузочных проб и обеспечение безопасности	
Оборудование для проведения нагрузочных проб:	
Протоколы проб с физической нагрузкой	
ЭКГ-контроль при проведении функциональных проб	
Интерпретация изменений ЭКГ при функциональных пробах	
Депрессия сегмента ST	
Другие изменения ЭКГ при пробах с нагрузкой.	
Оценка результатов функциональных проб	
Проба с чреспищеводной электрической стимуляцией предсердий (ЧПЭС)	
Медикаментозные пробы с внутривенным введением препарата	
Амбулаторное холтеровское мониторирование ЭКГ (ХМ).	
Стресс-эхокардиография	
Магнитно-резонансная томография	
Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ)	
Радионуклидная диагностика	
Тестовые задания	
Список литературы	

Список сокращений

ИБС – ишемическая болезнь сердца

ИМ – инфаркт миокарда

КА – коронарные артерии

КАГ – коронароангиография

МЕТ – метаболические идицицы

ФН – физичнская нагрузка

ЦНС – центральная нервная система

ЧСС – частота сердечных сокращений

ЧКВ – чesкожное коронарное вмешательство

ЭКГ – электрокардиография

Введение

Диагностика ИБС при типичном течении процесса не составляет особого труда, поскольку тщательно собранный анамнез, внимательное физикальное обследование и критический анализ полученных данных позволяют диагностировать ИБС более чем в 75% случаев, а весь мощнейший инструментальный потенциал направлен на выявление заболевания лишь у 20-25% пациентов, у которых его течение не укладывается в классические каноны.

Однако учитывая высокую распространенность ИБС в РФ и значительное ‘‘омоложение’’ заболевания в последние годы методы функциональной диагностики, в частности нагрузочные пробы, являются одними из основных в диагностике заболевания.

Функциональные пробы в кардиологии.

В кардиологической практике применяется множество функциональных проб. Под ними понимают такие методы исследования, при которых на сердечно-сосудистую систему воздействуют с помощью различных факторов, изменяющих в той или иной степени гомеостаз кардиореспираторной системы в условиях покоя. В результате этого провоцируются патофизиологические состояния, вследствие которых начинает проявляться скрытая или трудно доступная для обнаружения в условиях покоя патология. Клинический диагноз стенокардии ставится на основании данных детального квалифицированного опроса больного и внимательного изучения анамнеза. Все другие методы исследования используют для подтверждения или исключения диагноза, уточнения тяжести заболевания, прогноза, оценки эффективности лечения.

Многочисленные факторы, применяющиеся при функциональных пробах можно разделить на 7 групп:

- 1) физические нагрузки,
- 2) электрическая стимуляция предсердий,
- 3) моделирование уменьшения венозного возврата крови к сердцу,
- 4) психоэмоциональные пробы,
- 5) локальные воздействия на нервные окончания,
- 6) воздействие на внешнее дыхание,
- 7) лекарственные пробы.

Основные области применения нагрузочных проб следующие:

- 1) массовые (эпидемиологические) обследования различных контингентов населения с целью раннего выявления сердечно-сосудистой патологии, в первую очередь ИБС;
- 2) дифференциальная диагностика ИБС и отдельных ее форм;
- 3) выявление и идентификация нарушений ритма сердца;

- 4) выявление лиц с гипертензивной реакцией на нагрузку;
- 5) определение индивидуальной толерантности к физической нагрузке у больных с установленным диагнозом ИБС;
- 6) оценка эффективности лечебных (в том числе хирургических) и реабилитационных мероприятий по результатам динамического исследования больных;
- 7) экспертиза трудоспособности больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями;
- 8) профессиональный отбор (для работы в экстремальных условиях или для работ, требующих высокой физической работоспособности);
- 9) оценка прогноза;
- 10) оценка эффективности антиангинальных препаратов.

Показания к применению

Субмаксимальная нагрузочная проба проводится при:

- 1) наличии атипичного болевого синдрома, локализующегося в грудной клетке;
- 2) наличии неспецифических изменений ЭКГ, снятой в покое, при отсутствии болевого синдрома или атипичном его характере;
- 3) наличии нарушений липидного обмена (повышение общего холестерина, холестерина липопротеидов низкой плотности) при отсутствии типичных клинических проявлений коронарной недостаточности; в этих случаях выявление «скрытой» коронарной недостаточности может указать на начальное развитие атеросклероза коронарных артерий;
- 4) массовых эпидемиологических исследованиях населения и профилактических осмотрах здоровых людей;
- 5) определении индивидуальной толерантности больных ИБС к физической нагрузке, уточнение функционального класса стенокардии Канадского сердечно-сосудистого общества (Camreau L., 1976; Ho Ping Kong W. et al., 1992)
- 6) подборе и оценке эффективности лечебных и реабилитационных мероприятий у больных ИБС, в том числе перенесших инфаркт миокарда.

ЭКГ в покое у больных ИБС.

Электрокардиография – ведущий метод, используемый для выявления объективных признаков ИБС. ЭКГ признаки ИБС зависят от длительности ишемии (острая или хроническая), характера процесса (обратимая или необратимая), глубины поражения (субэндокардиальная или трансмуральная), локализации, соответствующей бассейну пораженной КА (передняя, нижняя, задняя или боковая стенки), площади

ишемизированного участка миокарда. Позиционные изменения желудочкового комплекса иногда имитируют на ЭКГ признаки ИМ.

Позиционные изменения отличаются от изменений при ИМ отсутствием характерной для инфаркта динамики сегмента ST и зубца T, а также уменьшением глубины зубца Q при регистрации ЭКГ на высоте вдоха или выдоха.

ЭКГ, зарегистрированная в покое, у больного ИБС, не переносившего ИМ, как правило, может оказаться нормальной. Нередко результаты ЭКГ в покое нормальные у пациентов с тяжелой стенокардией, однако это не исключает диагноза ИБС. Тем не менее, на ЭКГ в покое могут выявляться признаки ИБС, такие как перенесенный ИМ или нарушение реполяризации. Регистрация ЭКГ во время боли в грудной клетке или сразу же после нее всегда полезна и может быть значимой в диагностике у пациентов с вазоспазмом.

Противопоказания к проведению нагрузочных проб

Абсолютные

1. острый инфаркт миокарда (в течение первых 2 дней);
2. нестабильная стенокардия, не стабилизируемая предварительной медикаментозной терапией;
3. наличие неконтролируемых нарушений ритма, сопровождающихся субъективными симптомами и вызывающих гемодинамические нарушения;
4. аортальный стеноз с выраженной симптоматикой;
5. неконтролируемая симптоматичная сердечная недостаточность (IIБ и III стадий);
6. острая тромбоэмболия легочной артерии или инфаркт легких с выраженной легочной недостаточностью;
7. острый миокардит или перикардит;
8. острая расслаивающая аневризма аорты.

Относительные

1. известное поражение ствола левой коронарной артерии (стеноз $\geq 50\%$);
2. аневризма сердца или сосудов;
3. выраженная гипертония (систолическое АД более 200 мм рт. ст. или диастолическое АД более 110 мм рт. ст.);
4. тахикардия неясного происхождения;
5. выраженная брадикардия;
6. блокада ножек пучка Гиса (в связи с невозможностью оценить изменения конечной части желудочкового комплекса при нагрузке);
7. атриовентрикулярная блокада высокой степени;
8. наличие указаний в анамнезе на серьезные нарушения ритма сердечной

- деятельности или обморочные состояния;
9. электролитный дисбаланс;
 10. умеренно выраженные стенозы клапанов сердца (аортальный стеноз);
 11. гипертрофическая кардиомиопатия и другие формы обструкции выносящего тракта левого желудочка;
 12. психическая или физическая неспособность выполнять адекватную физическую нагрузку.

Не рекомендуется проводить пробу при наличии лихорадочных заболеваний, остром тромбозе, недавно перенесенном инсульте. Относительными противопоказаниями можно пренебречь, если значимость результатов нагрузочных проб превосходит степень риска.

Методика проведения нагрузочных проб

Подготовка к проведению

Проба проводится на «чистом» фоне, чтобы исключить влияние лекарств и других факторов на ее результаты. Отменяют все назначения: нитраты пролонгированного действия - за 6-8 ч до проведения пробы, все остальные лекарства (сердечные гликозиды, β -адреноблокаторы, антагонисты кальция, мочегонные средства, анаболические препараты) - минимум за 2 суток до исследования. Чтобы избежать синдрома отмены β -блокаторов, необходимо перейти на терапию пропранололом в дозах от 20-40 мг 2-3 раза в день, с постепенным уменьшением дозировки, и полным прекращением приема пропранолола утром в день исследования.

Определение нагрузки при функциональных пробах

В таблице 1 приводится сравнительная оценка различных видов нагрузочных проб. Как видно из таблицы, воспроизводимость нагрузки и точность ее измерения значительно выше у тредмил-теста и велоэргометрии.

Таблица 1. Сравнительная оценка различных видов нагрузочных проб

Вид нагрузочной пробы	Тредмил	Велоэргоме	Ступеньки	Быстрый бег	Статическая нагрузка
	л	тр			
Воспроизводимость результатов	++++	+++	++	+	++
Дозировка в физических единицах	+++	++++	++	+	++
Экономичность	+	++	+++	++++	+++

Возможность использования в группах	++	++	+++	++++	+++
Использование естественных нагрузок	++	+	++	+++	++

Нагрузка во время пробы *на велоэргометре* повышается непрерывно ступенеобразно: продолжительность каждой ступени должна составлять 3-5 минут, для достижения состояния устойчивого равновесия (в рутинных исследованиях (3 мин), таблица 2.

Таблица 2. Мощность ступенчатой нагрузки при велоэргометрии

Ступени	Мощность, кгм/мин	Мощность, Вт
I	150	25
II	300	50
III	450	75
IV	600	100
V	750	125
VI	900	150
VII	1050	175

Переносимость физической нагрузки также можно оценить с помощью дополнительных показателей: *общего объема выполненной работы* (кг×м, кДж), *пороговой мощности* (Вт) – это мощность нагрузки, при которой появляются критерии прекращения пробы; *двойного произведения* (систолическое АД × ЧСС/100) усл. ед; *хронотропного резерва* (прирост ЧСС в момент прекращения пробы по отношению к исходному); *инотропного резерва сердца* (прирост систолического АД в момент прекращения пробы к исходному уровню); *экономичность работы* по среднему приросту ЧСС (работа/ЧСС, кДж/уд/мин). Достоверное увеличение экономичности работы сердца и снижение прироста ЧСС в ответ на ФН при нагрузочной пробе свидетельствуют о тренированности пациента.

Дозированная физическая нагрузка позволяет вычислить ряд простых параметров, дающих представление о физической работоспособности обследуемого в количественном выражении. *Коэффициент расходования резервов миокарда* соотносит прирост двойного произведения, происшедший в процессе пороговой или субмаксимальной физической нагрузки, к общему объему выполненной работы. *Индекс энергетических затрат сердца* рассчитывается как отношение двойного произведения на высоте

нагрузки к объему выполнений работы в килограммометрах или джоулях.

Проба прекращается либо при достижении испытуемым субмаксимальных величин ЧСС (75% или 85% от расчетной возрастной максимальной частоты), либо при появлении клинических или электрокардиографических критериев прекращения нагрузки. Разработаны зависящие от возраста и пола обследуемых нормативы ЧСС при максимальной и субмаксимальной физических нагрузках. Из них наиболее широкое распространение получили нормативы, предложенные Andersen К. и соавт. (1971) и рекомендованные к применению Комитетом экспертов ВОЗ, таблица 3.

Таблица 3. ЧСС при разных уровнях потребления кислорода во время физической нагрузки

процент от максимальной нагрузки	возраст									
	20-29		30-39		40-49		50-59		60-69	
	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж
	ЧСС в минуту									
75	160	166	155	149	151	153	144	144	139	140
100	195	198	187	189	178	179	170	172	162	163

Однако существуют некоторые факторы, влияющие на ЧСС у человека при нагрузках. Кроме возраста и в меньшей степени пола, на нее влияет степень тренированности человека. Благодаря «экономизации» работы сердца вследствие систематических тренировок или систематической физической активности в быту и на производстве в ответ на одну и ту же нагрузку ЧСС у тренированных лиц меньше, чем у нетренированных

Показания к прекращению пробы

Абсолютные

- 1) прогрессирующее снижение (более 10 мм рт. ст.) или резкое снижение исходного систолического АД, возникающее несмотря на увеличение объема нагрузки, сопровождающееся другими признаками ишемии;
- 2) прогрессирующая (умеренная или тяжелая, 2-3 балла) боль в грудной клетке ангинозного характера, таблица 4;
- 3) признаки нарушения ЦНС (возрастающая атаксия, головокружение или предсинкопальное состояние);
- 4) признаки нарушения периферической перфузии (цианоз или бледность);
- 5) сложные, потенциально злокачественные нарушения ритма (устойчивая желудочковая тахикардия);
- 6) технические сложности, не позволяющие мониторировать ЭКГ или АД;

7) элевация сегмента $ST \geq 1$ мм в отведениях без диагностических зубцов Q, кроме V1 и aVR;

Таблица 4. Оценка выраженности приступа стенокардии при проведении пробы с физической нагрузкой.

Выраженность стенокардии в баллах	Ощущения больного
0	Загрудинная боль отсутствует
1	Отчётливо ощущаемая загрудинная боль, не требующая прекращения нагрузки
2	Загрудинная боль, требующая, как правило, прекращения нагрузки или уменьшения её интенсивности
3	Интенсивная загрудинная боль, требующая приёма нитроглицерина.

Относительные

1. падение АД (более 10 мм рт. ст. от исходного уровня), несмотря на увеличение объема нагрузки, не сопровождающееся появлением других признаков ишемии;
2. горизонтальное или косонисходящее смещение сегмента ST более 2 мм;
3. значительное изменение электрической оси сердца;
4. нарушения ритма: политопная желудочковая экстрасистолия, триплет желудочковой экстрасистолии, суправентрикулярная тахикардия;
5. блокада сердца или брадиаритмии;
6. блокады ножек пучка Гиса или нарушение внутрижелудочковой проводимости, которое нельзя отличить от желудочковой тахикардии;
7. субъективные симптомы: выраженная усталость, одышка (число дыханий более 30 в 1 мин), приступ удушья, хрипы, судороги и боли в мышцах ног, возрастающая боль в груди;
8. повышение систолического АД более 230 мм рт. ст или диастолического АД более 115 мм рт. ст.
9. как мера предосторожности по решению врача.

Субмаксимальная проба с нагрузкой у пациентов с подозрением на ИБС должна быть прекращена:

1. при достижении 85% от возрастной ЧСС;
2. при развитии типичного приступа стенокардии;

3. при появлении угрожающих нарушений ритма (частая, политопная, залповая желудочковая экстрасистолия, пароксизмальная тахикардия или пароксизмальная мерцательная аритмия);
4. при появлении нарушений проводимости (блокада ножек пучка Гиса, атриовентрикулярная блокада);
5. при ишемическом смещении сегмента ST вверх или вниз от изоэлектрической линии на 1 мм и более;
6. при повышении систолического АД более 220 мм рт.ст., диастолического — более 110 мм рт.ст.;
7. при прогрессирующем снижении систолического АД (более 10 мм рт. ст.) или падении исходного АД, несмотря на увеличение нагрузки;
8. при появлении неврологической симптоматики (головокружение, нарушение координации движений, головная боль);
9. при признаках нарушения периферической перфузии (цианоз или бледность);
10. при возникновении перемежающейся хромоты;
11. при появлении выраженной одышки (число дыханий более 30 в минуту) или приступа удушья; при развитии резкого утомления больного, его отказе от дальнейшего выполнения пробы;
12. как мера предосторожности по решению врача;
13. при технических сложностях, не позволяющих мониторировать ЭКГ или АД.
14. как мера предосторожности по решению врача.

Осложнения нагрузочных проб и обеспечение безопасности

На каждые 10 000 проб с нагрузкой по данным различных авторов, приходится до 1 смерти и 9 случаев нефатальных осложнений. Иначе говоря, нагрузочные пробы безусловно связаны хотя и со слабым, но риском для жизни и здоровья пациентов.

Возможные осложнения нагрузочного теста:

1. Сердечные:

- Брадиаритмии: синусовая, атриовентрикулярная, желудочковая, атриовентрикулярная блокада, асистолия,
- Внезапная смерть (желудочковая тахикардия/фибрилляция)
- Инфаркт миокарда
- Сердечная недостаточность
- Гипотензия и шок
- Острое нарушение мозгового кровообращения

2. Несердечные:

- Костно-мышечная травма
3. Определенные и разнообразные симптомы:
- тяжёлая усталость, иногда сохраняющаяся несколько дней,
 - головокружение, слабость, боли во всем теле,
 - ощущение дискомфорта и нездоровья.

Правильный отбор больных для исследования, пунктуальное соблюдение показаний и противопоказаний к проведению нагрузочной пробы, постоянное мониторинговое наблюдение за ЭКГ, тщательное соблюдение методики выполнения пробы гарантируют безопасность и эффективность проб с ФН, – в основном, но не в 100% случаев. Редкие осложнения, о которых упоминалось выше, не связанные с методическими погрешностями со стороны врача, могут случиться по объективным причинам, связанным с состоянием больных.

В демократических обществах, где права и интересы личности и в том числе больного являются одной из главных ценностей, существует система *информированного согласия больного на проведение нагрузочной пробы*. Суть ее заключается в том, что обследуемый после соответствующего разъяснения целей, задач, ценности нагрузочной пробы для правильной диагностики и выбора его лечения врачом, получает также информацию о возможном риске осложнений.

Оборудование для проведения нагрузочных проб:

Велоэргометр представляет собой стационарный велосипед, имеющий приспособление (электронное или механическое) для тарирования нагрузки в единицах мощности (в ваттах или килограммометрах в минуту).

Велоэргометры тарированы таким образом, что задаваемая мощность точно обеспечивается при режиме педалирования 60 об/мин. для сохранения постоянства выполняемой нагрузки. Высота седла и ручки велоэргометра устанавливаются соответственно росту испытуемого для удобного педалирования. При велоэргометрии возможен вариант работы руками.

Тредмил представляет собой дорожку, приводимую в движение электромотором с различной скоростью (от 1 до 10 миль/ч). Человек, находящийся на движущейся дорожке, совершает ходьбу или бег, соответствующие скорости движения дорожки. Скорость ходьбы на тредмиле регулируется в широких пределах, «нагрузочность» пробы можно увеличивать, создавая постепенно повышающийся градуируемый уклон. В этом случае имитируется ходьба в гору. Подъем конца дорожки выражается в специальных процентах: подъем на 5 см относительно медианы дорожки равняется 5%.

Какова бы ни была схема или способ нагрузки, следующие условия являются неизменными:

1. Нагрузка должна возрастать постепенно, лучше ступенеобразно с повышением мощности от низкого уровня до высокого. Каждая новая ступень нагрузки меняется минимум через 3 минуты.
2. Об адекватности нагрузки на каждом уровне будут свидетельствовать постоянный прирост ЧСС (на 15-20 уд/мин на каждой ступени), прирост АД (на 20-35 мм рт. ст. на каждой ступени) и отсутствие патологических изменений на ЭКГ в последние 1-2 мин каждого уровня нагрузки.
3. Клинические симптомы, ЧСС, АД и ЭКГ должны регистрироваться в течение всего теста и не менее 6-8 мин после его окончания.
4. Нагрузка не должна резко прерываться.
5. Исходный уровень АД не должен превышать 145/90 мм рт.ст.

Энергетические эквиваленты

Для того, чтобы оценить, соответствует ли реакция сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку норме, нагрузочная проба должна быть дозирована. Для выражения нагрузки могут быть использованы общепринятые единицы работы и мощности или индекс нагрузки, представляющий собой уровень потребления кислорода (O₂) при нагрузке. Способность выполнять физическую работу зависит от состояния физической работоспособности человека. В медицинской литературе принято сокращенное обозначение физической работоспособности — PWC (англ. Physical Working Capacity) или по-русски — ФРС.

Работа выполняется, когда сила преодолевает расстояние. Единица работы – джоуль. (Дж) – означает силу в 1 ньютон, действующую на расстоянии 1 метр.

Мощность – интенсивность работы, или работа, выполненная за единицу времени. Общепринятой единицей мощности является ватт (Вт) – 1 джоуль в секунду.

В клинике при проведении *тредмил теста* часто используется другая единица мощности – **(метаболическая единица МЕ или метаболический эквивалент МЕТ)** – это кратность потребления кислорода на высоте нагрузки к его потреблению в покое. При этом за 1 МЕТ принимается потребление 3,5 мл кислорода в 1 минуту на каждый кг массы тела (для мужчины массой тела 70 кг).

$$1 \text{ МЕТ} = 3,5 \text{ мл O}_2/\text{мин} \cdot \text{кг массы тела.}$$

Взаимосвязи между отдельными единицами измерения работы, мощности и энергии.

$$1 \text{ Вт} = 6,12 \text{ кгм/мин} = 1 \text{ Дж/с} = 0,1433 \text{ ккал/мин.}$$

1 кгм/мин = 0,163 Вт = 9,807 Дж/с.

Пересчет продолжительности физической нагрузки в количество METs обеспечивает стандартизацию стресс-теста независимо от типа нагрузочного исследования или использованного протокола.

Протоколы проб с физической нагрузкой

Существуют различные протоколы проб с нагрузкой с использованием *тредмила*. Протоколы нагрузочного теста различаются по скорости движения дорожки, углу наклона, продолжительности ступеней и изменению параметров ходьбы (в случае велоэргометрии – по сопротивлению педалированию) на каждой из них. На выбор протокола нагрузочного тестирования влияют: тяжесть патологии сердечно-сосудистой системы, толерантность пациента к ФН, наличие сопутствующей патологии, задача исследования, возраст пациента.

Различные протоколы пробы на тредмиле представлены в таблице 5.

Наиболее распространен протокол R.Bruse (1971). Стандартная проба на Тредмиле по R.Bruse предусматривает более быстрый темп наращивания мощности нагрузки; темп ходьбы 5 миль/ч достигается через 12 мин от начала пробы. При модификации этой пробы с более осторожным и медленным наращиванием нагрузок эта скорость достигается через 18 мин.

Стандартный протокол Брюса используется для диагностики ИБС и оценки прогноза заболевания практически здоровых людей: нормально тренированных, как физически активных, так и ведущих малоподвижный образ жизни; однако он не должен применяться при обследовании лиц с явными сердечно-сосудистыми заболеваниями и подходящих по другим критериям пациентов с подозрением на ИБС, в возрасте до 75 лет, при отсутствии значимой сопутствующей патологии.

Модифицированный протокол Брюса применяется у физически нетренированных людей и лиц пожилого возраста, а также – в качестве редуцированной программы оценки коронарного риска у больных, стабилизировавшихся после эпизода вероятной нестабильной стенокардии.

Таблица 5. Наиболее распространенные протоколы проведения проб с физической нагрузкой с применением тредмила.

Ступень	Скорость		Угол наклона	Длительность,	Метаболический эквивалент
	миль/ч	км/ч			
№ п/п	миль/ч	км/ч	%	мин.	число METs

Стандартный протокол R.Bruce					
1	1,7	2,7	10,0	3	4,7
2	2,5	4,0	12,0	3	7,1
3	3,4	5,5	14,0	3	10,3
4	4,2	6,8	16,0	3	12,1
5	5,0	8,0	18,0	3	18
6	5,5	8,9	20,0	3	21
7	6,0	9,7	22,0	3	-
Модифицированный протокол R. Bruce					
1	1,7	2,7	0,0	3	2,4
2	1,7	2,7	5,0	3	3,5
3	1,7	2,7	10,0	3	4,7
4	2,5	4,0	12,0	3	7,1
5	3,4	5,5	14,0	3	10,3
6	4,2	6,8	16,0	3	12,1
7	5,0	8,0	18,0	3	18
8	5,5	8,9	20,0	3	21
9	6,0	9,7	22,0	3	-
Протокол J.Naughton					
1	1,0	1,6	0,0	2	1,6
2	2,0	3,2	2,5	2	2
3	2,0	3,2	5,0	2	3
4	2,0	3,2	7,5	2	4
5	2,0	3,2	10,0	2	5
6	2,0	3,2	12,5	2	6
7	2,0	3,2	15,0	2	7
8	2,0	3,2	17,5	2	8
9	2,0	3,2	20,0	2	9
10	2,0	3,2	22,5	2	10
Протокол A. Kattus					
1	2,0	3,2	10,0	3	5
2	3,0	4,8	10,0	3	7
3	4,0	6,4	10,0	3	8
4	4,0	6,4	14,0	3	10
5	4,0	6,4	18,0	3	12

6	4,0	6,4	22,0	3	14
Протокол В.Валке					
1	3,0	4,8	2,0	1	3
2	3,0	4,8	3,0	1	4
3	3,0	4,8	4,0	1	5
4	3,0	4,8	5,0	1	6
5	3,0	4,8	6,0	1	7
6	3,0	4,8	7,0	1	8
7	3,0	4,8	8,0	1	9
8	3,0	4,8	9,0	1	10
9	3,0	4,8	10,0	1	11
10	3,0	4,8	11,0	1	12
11	3,0	4,8	12,0	1	13
12	3,0	4,8	13,0	1	14
13	3,0	4,8	14,5	1	15
14	3,0	4,8	15,0	1	
15	3,0	4,8	16,0	1	
Протокол Cornell					
1	1,7	2,7	0,0	2	2
2	1,7	2,7	5,0	2	3
3	1,7	2,7	10,0	2	5
4	2,1	3,3	11,0	2	6
5	2,7	4,4	12,0	2	7
6	3,0	4,8	13,0	2	8
7	3,4	5,4	14,0	2	10
8	3,8	6,1	15,0	2	11
9	4,2	6,7	16,0	2	13
10	4,6	7,4	17,0	2	14
11	5,0	8,0	18,0	2	15
12	5,0	8,0	19,0	2	
13	5,5	8,8	19,0	2	
Протокол WEAK					
1	1,0	1,6	0	2	
2	1,3	2,1	6	2	
3	1,8	2,9	10	2	

4	2,3	3,7	12	2	
5	2,8	4,5	14	2	
6	3,3	5,3	16	2	
7	3,8	6,1	18	2	
8	4,2	6,7	20	2	
9	4,6	7,4	22	2	
10	5,0	8,0	24	2	

Известно, что от выбора протокола теста при пробах с ФН зависит диагностическая и прогностическая оценка теста и достоверность выводов о физической работоспособности пациента. При увеличении нагрузки до высокого уровня мышечное утомление развивается раньше максимальной и даже субмаксимальной ЧСС.

В протоколах Bruce R., Kattus A., Cornell изменяются угол наклона дорожки и скорость ее движения, эти протоколы предпочтительней использовать у тренированных пациентов, без признаков сердечной недостаточности. Эти протоколы лежат в основе формирования тренировочных программ для больных отделений и кабинетов кардиореабилитации.

В протоколах Balke B., Naughton J. при постоянной скорости (4,8 км/ч и 3,2 км/ч) изменяется только угол наклона дорожки. Эти протоколы предпочтительней у нетренированных лиц, пожилых людей, женщин и больных с сердечной недостаточностью (Myers S.N. et al., 1991). Эти протоколы лежат в основе формирования тренировочных программ для пациентов отделений и кабинетов кардиореабилитации.

Для пациентов с тяжелой сопутствующей патологией, а также при наличии одновременно нескольких относительных противопоказаний создан протокол WEAК, так как протокол NAUGHTON J. для этого контингента больных зачастую оказывается трудновыполнимым. Уже вторая ступень протокола NAUGHTON J. предполагает ходьбу со скоростью 3,2 км/час, что невозможно для ослабленных пациентов, в то же время быстро "на ходу" снизить скорость движения нередко бывает трудно. В протоколе WEAК (Аксельрод А.С. и соавт., 2008) нарастание скорости на первых ступенях нагрузки меньше, что переносится больными значительно легче. От выбора протокола теста при пробе с ФН зависит диагностическая и прогностическая оценка теста и достоверность выводов о физической работоспособности пациента. Особенностью диагностического НТ является обязательный начальный период - "прогревание" с низкой интенсивностью физической нагрузки.

В последние годы все чаще используют "рэмп" (Ramp) - протоколы, при которых нагрузка возрастает каждые 20, 15 или 12 сек на 5 Вт, т.е. на 15, 20, 25 Вт/мин. Ramp-протокол включает в себя субмаксимальное или максимальное многоступенчатое

нагрузочное тестирование: продолжительность каждой степени (кроме первой) – 1 мин. Продолжительность первой степени – 3 мин. Общая длительность НТ: 7-12 мин; лимитируется достижением индивидуального стабильного максимума ЧСС в течение 2-3 последовательных ступеней. Достоинством этого метода является то, что большинство лиц при его выполнении достигает прекращения нагрузки за определенное время.

Если тестирование проводится для диагностики ИБС и пациентом достигнута субмаксимальная ЧСС или один из критериев положительной пробы, тип протокола не имеет принципиального значения. Трудности могут возникнуть лишь при необходимости динамического наблюдения при периодических повторных пробах, где протокол должен быть одним и тем же.

Сравнение проб на тредмиле и велоэргометре.

Нагрузка на тредмиле более физиологична, привычна; проводится по строгому протоколу исследования, при ходьбе или беге на тредмиле имеет определенное значение масса испытуемого. На тредмиле люди способны работать больше, чем на велоэргометре, поэтому показатели физической работоспособности и реакция ЧСС на нагрузку на тредмиле у людей более высокие (примерно на 10%), чем у тех же лиц при проведении велоэргометрии. Однако тредмилы более дороги, показатели физической работоспособности на них измеряются в милях в час, что нередко трудно сопоставить с привычными ваттами или килограммометрами в минуту. Новые модели тредмилов компактны, не вызывают шумовых помех, удобны и безопасны для тестируемого и, как правило, входят в состав стресс-системы, где обработка результатов проводится с помощью встроенного компьютера.

При проведении теста на тредмиле точно определить выполненную работу довольно сложно. Зависимость между потреблением кислорода (ПО₂), скоростью движения ленты тредмила и ее уклоном не линейная, а более сложная. Например, даже при ходьбе по горизонтальной плоскости со скоростью 3-6,5 км/ч энергетические затраты возрастают в линейной зависимости, а при скорости превышающей 6,5 км/ч, затраты энергии увеличиваются пропорционально квадрату скорости.

Критерии прекращения пробы на тредмиле и оценка ее результатов такие же, как при исследовании на велоэргометре. При формировании заключения, некоторые проблемы возникают при оценке толерантности к физической нагрузке, которую лучше оценивать в одинаковых для ВЭМ и тредмила единицах (не совсем корректно в ваттах, лучше в метаболических эквивалентах нагрузки). Также можно использовать формальную корреляцию между фазами нагрузки и толерантностью к ФН (так, нагрузка на 1-й фазе по стандартному протоколу Брюса соответствует низкой, на 2-й фазе – средней, на 3-й фазе –

высокой толерантности к физической нагрузке).

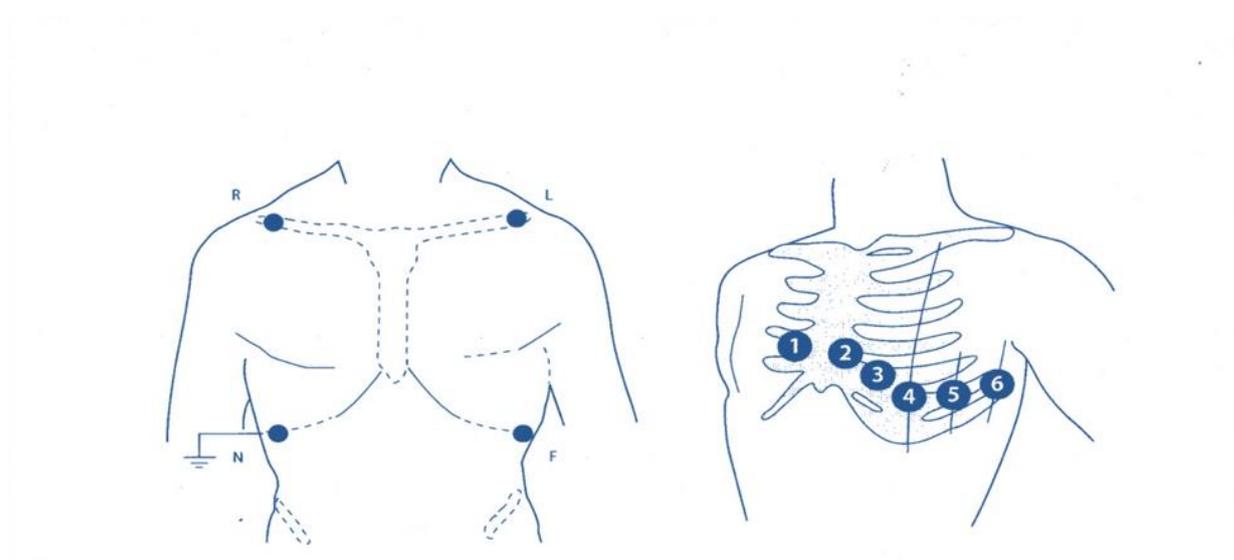
ЭКГ-контроль при проведении функциональных проб

Для контроля за изменениями ЭКГ желательнее пользоваться 12 отведениями. Ввиду того, что 89% всех изменений, выявляемых при проведении нагрузочной пробы в 12 стандартных отведениях, отражаются лишь в одном грудном отведении по Вильсону – в V5, в отведениях V3-V6 регистрируются 96%, а во II, aVF, V3-V6 отведениях – 100% изменений.

В зависимости от числа каналов электрокардиографа пользуются частью отведений ЭКГ: при наличии трехканального прибора можно пользоваться III, aVF, V5 отведениями, многоканального электрокардиографа - III, aVF, V2, V4, V5 отведениями или всеми 12 отведениями.

При проведении пробы с ФН стандартные электроды с ног накладываются справа и слева на поясничной области (либо – спереди ниже реберных дуг, **N** и **F**); с рук — под правой и левой ключицами, **R** и **L**; грудные электроды – на стандартные позиции (**V1-V6**), рисунок 1.

Рисунок 1. Расположение электродов в 12 стандартных отведениях ЭКГ при проведении пробы с физической нагрузкой



Установка стандартных электродов (слева) и грудных электродов по R.E. Mason, I. Likar (1966) при пробе с физической нагрузкой

Методика проведения проб с физической нагрузкой состоит из нескольких этапов:

Этап 1. Предшествующая работа с медицинской документацией больного (амбулаторной картой, историей болезни, медицинской книжкой, ранее снятыми ЭКГ). Выявление показаний и противопоказаний к проведению нагрузочной пробы, предварительный

выбор способа и схемы нагрузки, при возможности – отмена медикаментов. В день проведения диагностической пробы больной не должен принимать медикаменты и курить. За час до проведения теста больной не должен выполнять физические нагрузки. В помещении для проведения исследования создаются оптимальные условия: свежий воздух, температура 18-20°C.

Этап 2. Тест с физической нагрузкой проводится в утреннее время, лучше до 12.00, через 1,5-2,0 ч после легкого завтрака (исключить кофе). Перед проведением пробы необходимо дополнительно собрать анамнез (обратить внимание на частоту приступов стенокардии), провести физикальное обследование – АД, ЧСС, температура тела, исключить признаки ОРЗ. Ознакомить больного с целями и характером исследования. Больной должен внимательно прочитать и подписать информированное согласие (см. образец). Затем регистрируется ЭКГ в покое в 12 стандартных отведениях.

При наличии высокого АД в покое (более 145/100 мм рт. ст.) и ЧСС более 100 уд/мин, а также появлении каких-либо новых, подозрительных на ишемию изменений ЭКГ в покое по сравнению с предыдущими, проведение пробы должно быть отложено.

Этап 3. Непосредственно перед исследованием записывается ЭКГ в отведениях, которые будут регистрироваться при проведении нагрузочного теста и в том же положении пациента (например, сидя или лежа при велоэргометрии). При регистрации ЭКГ во время нагрузок электроды стандартных отведений закрепляются на корпусе (электроды с рук накладываются над лопатками, или на передней грудной стенке под ключицами, с ног – на поясницу справа и слева). Электроды прекардиальных отведений устанавливаются на стандартные классические точки V1-V6 (см. рис. 1). Реже используется система отведений по Небу (D,A,I) или ортогональные отведения Франка (X,Y,Z). Одновременно измеряется АД по методу Короткова. В современных стресс-системах имеется специальный датчик для измерения АД во время физической нагрузки.

В некоторых ситуациях (у женщин с “ишемическими” изменениями ST-T в покое при отсутствии приступов стенокардии; у лиц с признаками “рубцовых” изменений миокарда при отсутствии анамнестических указаний на инфаркт миокарда; при подозрении на ангиоспастическую стенокардию; с синкопальными состояниями в анамнезе; с подозрением на ложноположительный результат проведенной ранее пробы) полезно перед тестом с физической нагрузкой провести *пробу с гипервентиляцией и ортостатическую пробу*.

Этап 4. Тест с физической нагрузкой проводится по заранее выбранному протоколу. Запись ЭКГ и измерение АД проводятся в конце каждой ступени пробы, сразу после ее окончания и в конце 1-й, 2-й, 3-й, 5-й, 10-й и 15-й мин. восстановительного периода. Во время нагрузки осуществляется постоянный контроль ЭКГ на мониторе.

Проба прекращается при достижении максимальной или субмаксимальной ЧСС (равной 75-85% от максимальной), или появлении критериев прекращения нагрузки:

- 1) при развитии типичного приступа стенокардии;
- 2) появлении угрожающих нарушений ритма сердца (частая, политопная или залповая желудочковая экстрасистолия, пароксизмальная тахикардия или пароксизмальная мерцательная аритмия);
- 3) появлении нарушений проводимости (блокада ножек пучка Гиса, атриовентрикулярная блокада);
- 4) ишемическом смещении сегмента ST вверх или вниз от изоэлектрической линии на 1 мм и более;
- 5) повышении систолического АД более чем 220 мм рт.ст., диастолического – более чем 110 мм рт.ст., снижении систолического АД на 20 мм рт.ст.;
- 6) при появлении неврологической симптоматики (головокружение, нарушение координации движений, головная боль);
- 7) возникновении перемежающейся хромоты;
- 8) появлении выраженной одышки (число дыханий > 30 в минуту) или приступа удушья;
- 9) развитии резкого утомления пациента, его отказе от дальнейшего выполнения пробы;
- 10) отсутствии контакта и неадекватном поведении пациента во время тестирования;
- 11) при технических сложностях, не позволяющих мониторировать ЭКГ или АД.;
- 12) как мера предосторожности по решению врача;

После завершения пробы рекомендуется 30-60 секундное продолжение нагрузки снижающейся интенсивности, а при сохранении изменений на ЭКГ – перевод больного в лежачее положение. У больных с известным диагнозом ИБС, с быстрым восстановлением ЭКГ и нормальными гемодинамическими показателями – это не является обязательным и необходимым, такие пациенты в течение 2-3 мин продолжают нагрузку малой интенсивности (медленная ходьба).

Далее проводится интерпретация ЭКГ с использованием всех возможностей аппаратуры (аналоговая запись, усредненные кардиоциклы, тренды ЭКГ, АД и т.д.).

Этап 5. В периоде восстановления обязательен посттестовый контроль, т.к. нарушения сократимости и электрофизиологические нарушения в стресс-ишемизированном миокарде сохраняются и рецидивируют от нескольких минут до нескольких часов. В ряде случаев отмечается замедление восстановления ЧСС, АД и ЭКГ. Поэтому наблюдение за больным продолжается до 15-20 мин. При появлении при нагрузке серьезных преходящих

нарушений ритма сердца целесообразно назначение после пробы холтеровского мониторирования ЭКГ.

При возникновении затяжных приступов стенокардии, ишемических изменений на ЭКГ, необходимо назначение нитроглицерина, возобновление базовой лекарственной терапии, а на следующий день утром назначается контроль ЭКГ и кардиоспецифических ферментов (включая тропонины I и T).

Этап 6. Результаты исследования фиксируются в протоколе или специальной карте: указывается паспортная часть, диагноз заболевания, цель исследования, данные о приеме медикаментозных средств. Формируется таблица событий. Далее указывается пороговая нагрузка с критериями прекращения пробы, описывается динамика ЧСС, АД, характер изменений ЭКГ (тип, величина, локализация и длительность), появление и исчезновение жалоб, особенно болей, характерных для стенокардии, одышки. Далее в заключении описывается период восстановления с уточнением временных параметров, указывается на какой минуте возвратились к исходным показатели ЧСС и АД. Указывается характер и длительность стресс-индуцированных нарушений сердечного ритма и проводимости. Оценивается толерантность к физической нагрузке, реакция АД, ЧСС. Заключение выдается в течение 20-30 минут после окончания исследования.

Интерпретация изменений ЭКГ при функциональных пробах

Наиболее важной и сложной задачей при выполнении ФП является интерпретация их результатов, дающих основание для подтверждения или отрицания наличия транзиторной ишемии миокарда, общей оценки состояния сердечно-сосудистой системы испытуемого и его функционального класса.

Во время нагрузки у *здоровых людей* отмечают: адекватное увеличение ЧСС (на 15-30 уд/мин на каждой ступени) в зависимости от тренированности и выбранного протокола), увеличение систолического АД (на 20-40 мм рт. ст. на каждой ступени), которое у молодых людей, как правило, не превышает 200 мм рт. ст., у пожилых – 210 мм рт. ст., одновременно имеет место снижение или небольшое увеличение диастолического АД.

На ЭКГ регистрируется укорочение интервалов RR (за счет укорочения диастолы), P-Q (PR) и Q-T вследствие увеличения ЧСС; увеличивается амплитуда зубца P без изменения его направления (вследствие увеличения полости правого предсердия); увеличивается зубец Q в левых грудных отведениях; отмечается незначительное отклонение (быстрое, косовосходящее) сегмента ST (на ЭКГ это отражается в виде снижения точки J в отведениях III, aVF, V5, V6). В течение 30 с восстановления после

нагрузки увеличивается амплитуда зубца T. Как правило, после 3 мин отдыха эти

изменения исчезают.

Следует помнить, что причиной изменений сегмента ST и зубца T, помимо ишемии, могут явиться разнообразные физиологические и патологические состояния: физиологические, фармакологические, экстракардиальные, первичные и вторичные заболевания миокарда, таблица 6.

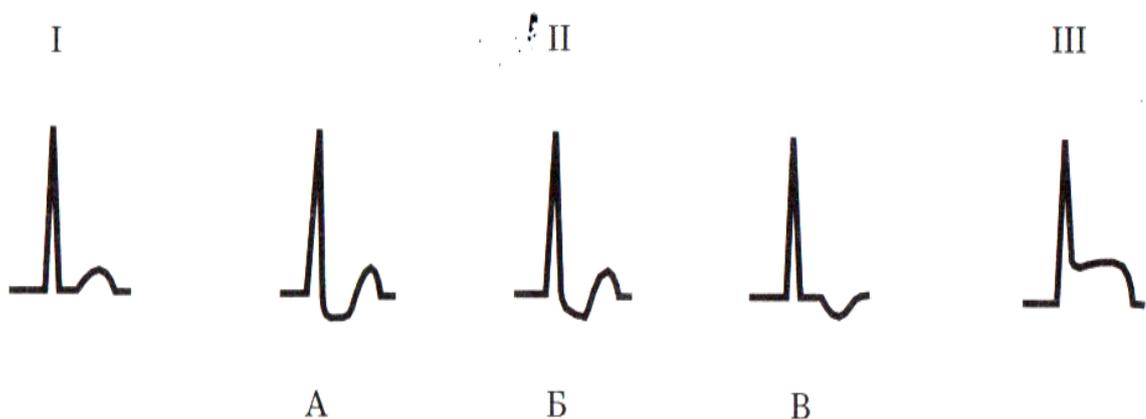
Таблица 6. Причины изменений сегмента ST и зубца T

Причины	Непосредственные факторы
Физиологические	Позиция сердца, нарушения проводимости, синдром WPW, температура, гипервентиляция, тревога и т.п., нервные влияния, гипергликемия, тахикардия, физиологические упражнения.
Фармакологические	Дигитализация, антиаритмические и психотропные препараты (фенотиазины, трициклические антидепрессанты, препараты лития), β-блокаторы.
Экстракардиальные	Электролитные расстройства (гипокалиемия), цереброваскулярные катастрофы, шок, анемия, аллергические реакции, инфекционные процессы, эндокринные нарушения, острый живот, эмболия лёгочной артерии.
Первичные заболевания миокарда	Миокардиодистрофии, кардиомиопатии, миокардиты, перикардиты.
Вторичные заболевания миокарда	Амилоидоз, гемохроматоз, опухоли сердца, саркоидоз, болезни соединительной ткани, нейромышечные нарушения, гипертрофия миокарда левого желудочка.
Ишемическая болезнь сердца	Инфаркт миокарда, стенокардия, аневризма сердца

Субэндокардиальная ишемия приводит к депрессии сегмента ST и/или уплощению или инверсии зубца T. Тяжелая преходящая *трансмуральная ишемия* может привести к элевации сегмента ST подобно той, которая наблюдается на ранних стадиях острого инфаркта миокарда. После разрешения преходящей ишемии изменения ЭКГ исчезают.

На рисунке 2 показаны преходящие ишемические изменения на ЭКГ при ИБС.

Рисунок 2. Преходящие ишемические изменения на ЭКГ



I: Норма

II: Субэндокардиальная ишемия: А) депрессия сегмента ST (горизонтальная); Б) депрессия сегмента ST (косонисходящая); В) инверсия зубца Т.

III: трансмуральная ишемия: элевация сегмента ST.

Различают клинические и инструментальные критерии оценки результатов пробы; среди последних ведущая роль принадлежит электрокардиографическим критериям.

Ишемия миокарда возникает, когда потребность миокарда в кислороде превышает возможности его доставки по КА.

Главные механизмы возникновения ишемии: 1) снижение способности к увеличению коронарного кровотока при повышении метаболических потребностей миокарда (снижение коронарного резерва), 2) первичное уменьшение коронарного кровотока. Величину коронарного кровотока формируют 3 основных фактора: сопротивление КА, ЧСС и перфузионное давление (разность между диастолическим давлением в аорте и в левом желудочке). Чем выше значение каждого из этих факторов, тем выше потребление миокардом кислорода. В клинической практике потребность миокарда в кислороде оценивают по величине ‘двойного произведения’.

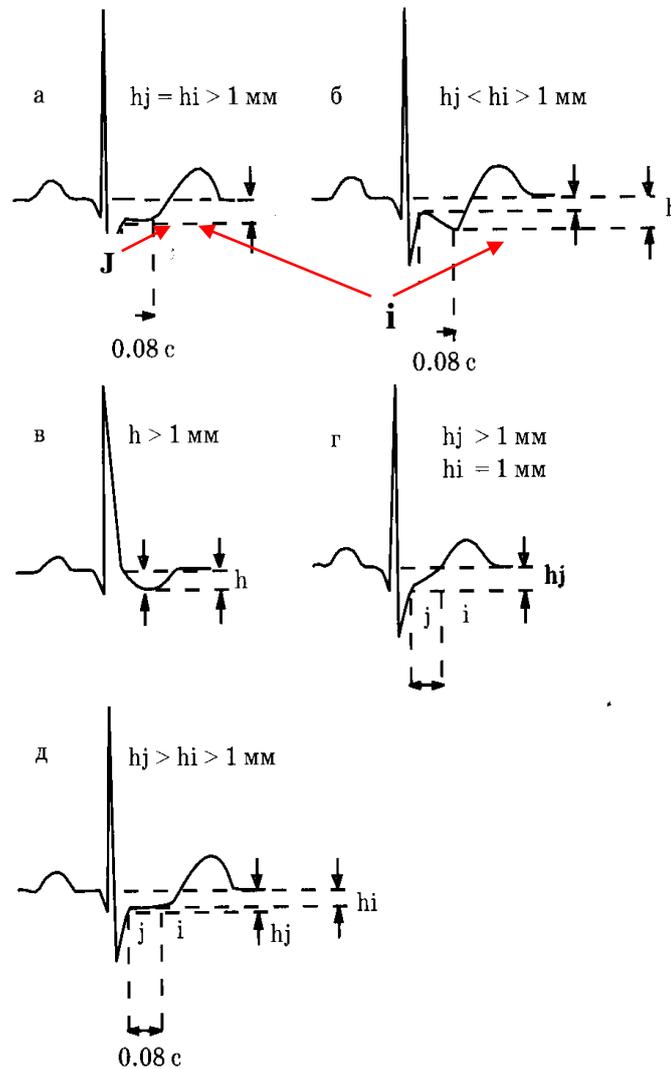
Факторы, определяющие перфузию коронарной артерии можно разделить на:

- 1) влияющие на потребность миокарда в кислороде: масса миокарда ЛЖ; нагрузка на миокард ЛЖ; частота сердечных сокращений; системное артериальное давление, степень растяжения миокарда ЛЖ, которая зависит от объема преднагрузки; сократимость миокарда ЛЖ;
- 2) влияющие на доставку кислорода к миокарду: концентрация кислорода в периферической крови; коронарный кровоток, который определяется: перфузионным давлением – резистентностью коронарных сосудов на уровне микроциркуляторного русла

Депрессия сегмента ST

При пробе с физической нагрузкой наиболее информативными для диагностики ИБС и других патологических состояний сердечно-сосудистой системы являются изменения сегмента ST. Различные виды смещения сегмента ST представлены на рисунке 3. Среди них: горизонтальное (а), косонисходящее (б), корытообразное (в), быстрое косовосходящее (г) и медленное косовосходящее смещение (д)

Рисунок 3. Структура и виды смещения сегмента ST-T при проведении функциональных проб.



Точка пересечения восходящего колена зубца S с сегментом ST называется точкой сочленения, или по-английски точкой J-junction. J – точка конца зубца S и начала сегмента ST. В случае отсутствия зубца S, точка J находится на пересечении нисходящего колена зубца R с началом сегмента ST. Сегмент ST– это расстояние между концом комплекса QRS и началом зубца T. В отведениях с комплексами QS точка J располагается на пересечении восходящего колена QS с сегментом ST. Величина смещения сегмента ST

измеряется относительно изоэлектрической линии. В случае, если в исходном состоянии сегмент ST был смещен относительно изоэлектрической линии вверх или вниз, его дальнейшие изменения оцениваются по отношению к исходному состоянию. Так, если в данном отведении сегмент ST до нагрузки был смещен вниз на 1 мм, то за существенное изменение сегмента ST, требующее прекращения пробы, принимается новый уровень его смещения относительно исходного.

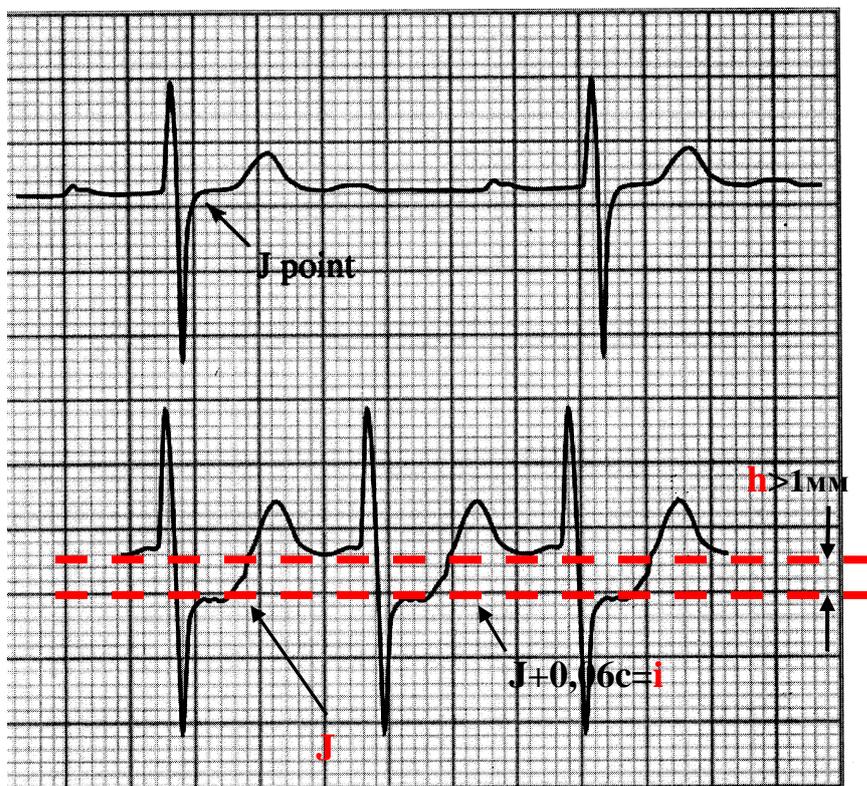
Аналогичную тактику применяют и при оценке сегмента ST, если в исходном состоянии он был смещен вверх над изоэлектрической линией. Прежде чем оценивать динамику сегмента ST, следует найти точку J и определить ее положение относительно изоэлектрической линии. Речь о возможной патологической динамике этого сегмента можно вести только в случае, если точка J сместилась по отношению к исходному состоянию не менее чем на 0,1 мВ (т.е. не менее чем на 1 мм) относительно изоэлектрической линии. Направление смещения сегмента ST относительно изоэлектрической линии может быть горизонтальным, косонисходящим, косовосходящим (быстрым или медленным).

В клинической диагностике большое значение имеет оценка степени смещения сегмента ST выше или ниже базового уровня. За такой уровень принимается линия, соединяющая конец зубца T и начало зубца P (сегмент TP).

Важное значение придается еще одной точке на сегменте ST и ее смещению от изоэлектрической линии. Мы называем ее точкой ишемии и обозначаем буквой *i* (ischemia). При ишемии миокарда точка *i* на сегменте ST отстоит от точки *j* на 0,06 с (по данным некоторых авторов на 0,08 с). Именно динамические сдвиги точки *i* относительно изоэлектрической линии в процессе проведения функциональных и нагрузочных проб и позволяют судить об ишемическом или ином характере смещения сегмента ST. Высота *h* (расстояние от изоэлектрической линии до точки *i*) — главнейший результирующий показатель функциональной пробы, рисунок 4.

При его значениях 1 мм и более вероятность ишемии миокарда является наибольшей. Таким образом, этот показатель по значимости практически превосходит все остальные электрокардиографические критерии, характеризующие функциональные и нагрузочные пробы.

Рисунок 4. Структура снижения сегмента ST-T



Примечание: показано определение точки J и степени снижения сегмента ST (h).

Проба считается положительной, т.е. подтверждает диагноз ИБС, при смещениях сегмента ST типа а, б, в, д (рисунок 3).

К смещениям, важным в диагностике ИБС, относятся *горизонтальное смещение сегмента ST вниз* на 1 мм или более от изоэлектрической линии (**а**) При этом расстояния от изоэлектрической линии до точек j и i равны и составляют 1 мм или более. ($h_j = h_i > 1\text{мм}$).

При *косонисходящем смещении сегмента ST* вниз точка j смещена от изоэлектрической линии на 1 мм и более (**б**), а смещение точки i превышает таковое точки j ($h_i > h_j$).

Если смещение сегмента ST вниз происходит в отведениях *без зубца S* и, следовательно, отсутствует точка j, такое смещение называется *корытообразным*; в этих случаях измеряют глубину смещения по отношению к изоэлектрической линии. За существенное принимается отстояние надир (дна) сегмента, равное 1 мм и более (**в**).

Более сложным является дифференциация так называемых *восходящих снижений сегмента ST*. Они чрезвычайно распространены и, как показывает клинический опыт, не всегда равнозначны. Если сегмент ST снижен в точке j, но быстро восходит к изоэлектрической линии, такое снижение называется *быстрым косовосходящим*, оно не имеет патологического значения. При таком виде снижения сегмента ST точка j может находиться ниже изоэлектрической линии на 1 мм и более, но точка i всегда отстоит от изоэлектрической линии менее, чем на 1 мм или h_i равна нулю.

В отличие от быстрого косовосходящего снижения ST различают *медленное косовосходящее* его смещение (ST- slope). При этом конец сегмента ST, отстоящий

от точки j на 0,08 с (т.е. в точке i), должен быть ниже изоэлектрической линии на 1 мм и более. Такое смещение считается ишемическим.

Смещение сегмента ST вниз от изолинии, оцениваемое как ишемическое, отражает глобальную субэндокардиальную ишемию.

По рангу значимости к такой депрессии относятся в первую очередь косонисходящее снижение сегмента ST с отрицательным или двухфазным зубцом T, горизонтальное снижение сегмента ST на 1 мм и более и медленное косовосходящее снижение сегмента ST, при котором точка i находится ниже изоэлектрической линии на 1 мм и более.

Патологическое значение смещения сегмента ST усиливают следующие факторы, характеризующие пробу с физической нагрузкой: быстрое от начала нагрузки появление смещения сегмента ST, появление снижения сегмента ST при низкой (менее 450 кгм/мин) нагрузке, малой величине "двойного произведения" (произведение ЧСС при максимальной нагрузке \times на величину систолического АД), характеризующее потребление кислорода миокардом, при небольшой ЧСС; появление снижения сегмента ST одновременно в нескольких отведениях, сохранение снижения сегмента ST более чем на 1-2 мин, в том числе в восстановительном периоде. Большинство перечисленных признаков свидетельствуют о тяжелом характере поражения коронарных артерий сердца, чаще всего речь может идти о двух - или трехсосудистом поражении либо о стенозе ствола левой коронарной артерии.

Депрессия сегмента ST, так широко воспринимаемая врачами как проявление ишемии миокарда, в строгом смысле слова не является патогномичным признаком для ИБС. Точно так же, депрессия сегмента ST, развившаяся при нагрузочной пробе, не всегда бывает истинно положительной (т.е. не свидетельствует о транзиторной ишемии миокарда). Поэтому при вынесении заключительной оценки пробы с нагрузкой необходимо иметь ввиду возможные неишемические причины депрессии сегмента ST.

Динамика сегмента ST в восстановительном периоде

Длительный восстановительный период (когда сегмент ST не возвращается к исходному уровню более 6 мин) характерен для ИБС, обусловленной стенозирующим поражением коронарных артерий.

В то же время нет единого мнения по поводу оценки снижения сегмента ST, возникшего только в восстановительном периоде. Это так называемая отсроченная ишемия миокарда, хотя иногда она встречается у пациентов с неизменными по данным коронарографии коронарными артериями.

Другие изменения ЭКГ при пробах с нагрузкой.

Становится все более доказательным представление о том, что *увеличение амплитуды зубцов R* при нагрузке скорее отражает дисфункцию левого желудочка, точнее увеличение его конечного диастолического объема. Учитывая полиэтиологичность изменений зубца R при нагрузке, а также плохую воспроизводимость величины зубца и ее выраженную зависимость от колебаний изолинии, трудно согласиться с теми, кто еще рекомендует в диагностике ИБС опираться на динамику амплитуды зубцов R.

Зубец T отражает период быстрой реполяризации желудочков. В большинстве отведений у взрослых зубец T положительный. В норме отрицательный зубец T может регистрироваться в III и V1 отведениях, в отведении aVR зубец T закономерно отрицательный.

Изолированное изменение зубца T при НП имеет весьма низкую специфичность, т.е. встречается примерно с одинаковой частотой при различных состояниях и обстоятельствах, в том числе при сердечно-сосудистой патологии. Значимость изменений зубца T подтверждается в случаях их сочетания с ишемическими изменениями сегмента ST. Характерно, что изолированные изменения зубца T редко сопровождают типичную стенокардию напряжения. Хотя реверсия или репозитивация отрицательного зубца T (т.е. его переход в положительный) при ИБС встречается довольно часто, однако в настоящее время у большинства специалистов это не вызывает особой настороженности в отношении ИБС. В частности, в происхождении таких изменений придается значение усилению симпатического воздействия на миокард при нагрузке.

Изменение комплекса QRS.

Глубина нормального зубца Q не должна быть более $\frac{1}{4}$ амплитуды зубца R в том же отведении, а ширина не должна превышать 0,03 с.

Следует различать изменения зубца Q в комплексах QRS с исходным наличием или отсутствием патологического зубца Q. Транзиторное появление патологического зубца Q (ширина не менее 0,03 с, глубина более 1 мм в основных и более 2 мм в грудных отведениях) при нагрузке и исчезновение его в течение нескольких минут по окончании пробы, во-первых, свидетельствуют о необходимости немедленного прекращения пробы, во-вторых, могут отражать транзиторную локальную ишемию миокарда (т.е. указывают на положительную пробу). Уверенность в этом заключении укрепляется, если транзиторный зубец Q появился при малой или умеренной нагрузке и если во время пробы не произошло значительного изменения электрической оси сердца.

Примерно у 10% больных, перенесших крупноочаговый инфаркт миокарда, при

проведении пробы с нагрузкой появляются изменения комплекса QRS в виде:

- 1) перехода комплекса QRS (необходимо наличие зубца R более 1 мм) в комплекс QS;
- 2) появления отсутствовавшего до нагрузки зубца Q шириной 0,03 с, амплитудой 1 мм и более;
- 3) увеличения амплитуды зубца Q в 2 раза и более (при исходном, до нагрузки зубце Q более 2 мм);
- 4) уширения зубца Q или комплекса QS на 0,02 с и более;
- 5) снижения амплитуды зубца R на 50% и более при исходном зубце R, равном 5-10 мм, или на 25% и более при зубце R, равном 11 мм или более;
- 6) увеличения амплитуды зубца R на 100% и более при исходном зубце R, равном 5-10 мм, или увеличение на 50% при зубце R, равном 11 мм или более.

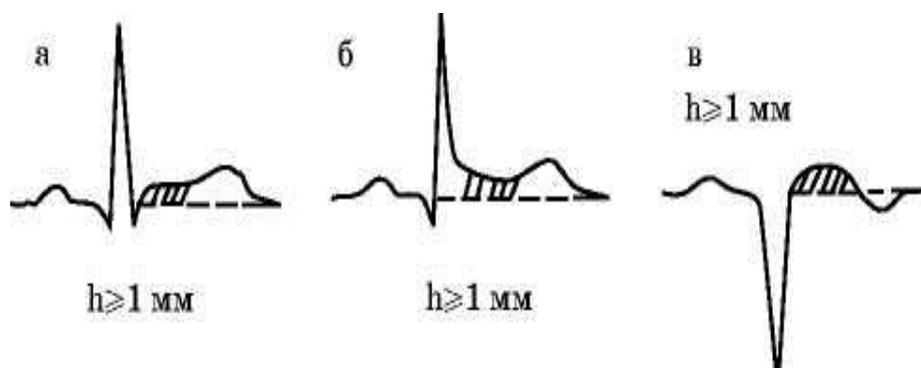
В отличие от зубцов Q и комплекса QS, отражающих очаговые изменения миокарда и имеющих стабильный характер, появляющиеся при нагрузке или усугубляющиеся при ней зубцы Q и комплексы QS бывают весьма кратковременными – через 5-6 мин после прекращения пробы они исчезают. Не исключено, что в ряде случаев подобные изменения могут быть обусловлены изменением положения сердца в грудной клетке. Однако этот вариант возможен лишь при больших нагрузках, которые приводят к перегрузке отдельных камер сердца. Вызванное нагрузкой удлинение комплекса QRS (от 5 до 21 мсек) более связано с выраженностью нарушений сократимости миокарда (оцениваемой по числу сегментов левого желудочка с нарушенной сократимостью во время нагрузки по данным радиоизотопной вентрикулографии), чем с числом пораженных (стеноз более 70%) коронарных артерий. Таким образом, уширение комплекса QRS при физической нагрузке у больных ИБС может являться маркером миокардиальной недостаточности.

Подъем сегмента ST

Особого внимания требует вопрос о происхождении и значении подъема сегмента ST при выполнении проб с нагрузкой.

На рисунке 5. приведены различные виды подъема сегмента ST. Следует выделять подъем сегмента ST в комплексах с зубцом S (а), в комплексах без зубца S (б) и в комплексах с зубцом QS (в).

Рисунок 5. Различные виды подъема сегмента ST при проведении функциональных проб.



На рисунке 5 а показано измерение подъема сегмента ST при трансмуральной ишемии при исходной депрессии ST на ЭКГ в покое; б - при исходном подъеме ST и в - при постинфарктном кардиосклерозе

Патогенез смещения сегмента ST вниз и подъема его вверх от изоэлектрической линии по крайней мере в некоторых случаях разный. Если снижение сегмента ST у больных ИБС при нагрузке более или менее единодушно связывают с транзиторной ишемией, то его подъем объясняют иными механизмами.

Элевация сегмента ST оценивается в точке J, которая соответствует окончанию комплекса QRS. Подъем сегмента ST при нагрузке встречается довольно редко: примерно у 0,5% здоровых людей и у 3,0-6,5% больных ИБС. Однако при некоторых формах ИБС частота подъема сегмента ST во время пробы с нагрузкой преобладает над частотой его снижения. Так, среди больных с нестабильной стенокардией подъем этого сегмента может наблюдаться у 42%, а среди лиц, перенесших инфаркт миокарда (точнее, имеющих патологические зубцы Q или комплекс QS в грудных отведениях) - примерно у 60%. Существует корреляция между локализацией острых ишемических изменений (элевация сегмента ST) и окклюзированной КА, что имеет принципиальное значение для определения симптом-связанной артерии.

Полагают, что подъем сегмента ST во время нагрузки при нестабильной стенокардии обусловлен *спазмом коронарных артерий*.

При вариантной стенокардии (стенокардия Принцметала) причина боли – спазм в проксимальной части крупной КА. В 75% случаев у больных обнаруживают обструктивный коронарный атеросклероз, а вазоспазмы вызывают кратковременную трансмуральную ишемию (субэпикардальное повреждение) без развития некроза миокарда.

Распространенный диффузный спазм коронарных артерий встречается редко, но у больных с типичной вариантной стенокардией часто наблюдается умеренное диффузное сужение не участвующих в спазме сегментов артерии. Нагрузочная проба у больных с вариантной стенокардией может быть отрицательной или положительной, как с депрессией, так и с подъемом сегмента ST на ЭКГ. Подъемы сегмента ST сразу после

нагрузки предполагают наличие коронарного спазма, но могут иметь место и при критическом сужении коронарной артерии. Каким бы ни был механизм подъема сегмента ST во время пробы с нагрузкой у больных ИБС, он отражает неблагополучие в состоянии сердца и поэтому служит указанием на необходимость прекращения пробы.

Аневризма сердца образуется после трансмурального ИМ. Выбухание стенки желудочка вызывает растяжение соседних участков миокарда, что приводит к появлению трансмурального повреждения в окружающих участках миокарда. При аневризме сердца на ЭКГ характерна картина трансмурального ИМ, в связи с чем в большинстве отведений наблюдается QS, реже Qr. Специфична также “застывшая” ЭКГ, которая не претерпевает динамических изменений и сохраняется стабильной в течение многих лет.

Оценка результатов функциональных проб

При оценке результатов проб, проводимых с диагностической целью, следует различать:

- 1) отрицательную пробу (а - определенно отрицательную, б- отрицательную, но с особенностями);
- 2) сомнительную пробу;
- 3) положительную пробу;
- 4) неинформативную (незавершенную) пробу.

Об определенно отрицательной пробе можно говорить в случаях, когда испытуемый достиг заданной возрастной ЧСС, но, несмотря на естественное утомление, не возникало ни клинических, ни объективных инструментальных критериев ишемии или дисфункции миокарда.

В пределах *отрицательной пробы* можно выделить вариант - отрицательную пробу, но с особенностями, когда при достигнутой возрастной ЧСС во время пробы отмечаются нечастая экстрасистолия (менее 4 в минуту), коллаптоидное состояние, головокружение или головная боль, существенное повышение АД (более 230/120 мм рт. ст.), реверсия или инверсия зубца Т, выраженная одышка, боли в мышцах ног. Перечисленные признаки могут быть и следствием ИБС, но в основном они связаны с физической детренированностью и отсутствием опыта выполнения относительно больших нагрузок, не встречающихся в обычной жизни. Как признаки ИБС они крайне неспецифичны.

Проба считается *сомнительной*, если при ее выполнении у больного:

- 1) развился болевой синдром в грудной клетке, типичный для стенокардии или напоминающий ее (атипичный), но при этом не было ишемических изменений на ЭКГ;
- 2) наблюдалось горизонтальное снижение сегмента ST на 0,5 мм, или медленно-

восходящее снижение сегмента ST до 1 мм;

3) обнаружены нарушения ритма и проводимости (частая или политопная экстрасистолия, развитие атриовентрикулярных или внутрижелудочковых нарушений проводимости, появление пароксизмов наджелудочковой или желудочковой тахикардии);

4) произошло падение АД на 20 мм рт. ст. и более на высоте действия провоцирующего фактора (нагрузки).

О положительной пробе говорят в случаях, когда во время ее выполнения появляются объективные признаки ишемии миокарда, независимо от одновременного развития или отсутствия приступа стенокардии. В данном случае под объективными признаками ишемии миокарда в первую очередь подразумевают электрокардиографические критерии. В соответствии с традиционным определением, нагрузочный тест должен считаться положительным при появлении горизонтальной или косонисходящей депрессии или элевации сегмента ST с амплитудой ≥ 1 мм в двух соседних отведениях, локализующейся в ≥ 60 -80 миллисекундах от конца комплекса QRS (от точки J) во время или вскоре после прекращения нагрузки даже при отсутствии ангинозного приступа.

Однако если нагрузочная проба проводилась под контролем других методов исследования, то при эхокардиографическом контроле учитываются нарушения сократимости миокарда в двух сегментах и более, при сцинтиграфии миокарда с 201-Tl - выявления локальных дефектов перфузии миокарда, нарушение перфузии миокарда при сравнении с исходным состоянием.

Под *незавершенной (неинформативной)* подразумевают пробу, не доведенную до намеченной ЧСС, при этом отсутствуют какие-либо клинические или электрокардиографические признаки ишемии или дисфункции миокарда. К этой группе могут быть отнесены также пробы с существенными погрешностями в регистрации ЭКГ, не позволяющие анализировать ее. Пробу следует повторить через 1-2 дня, устранив возможные технические погрешности регистрации ЭКГ и стремясь по возможности довести ее до объективных критериев прекращения.

Если по результатам первичных исследований априорная вероятность хронической ИБС превышает 85 % – дальнейшее исследование для уточнения диагноза можно не проводить, а приступать к стратификации риска осложнений и назначению лечения. Если этот показатель не превышает 15% – следует заподозрить функциональное заболевание сердца или некардиальные причины жалоб.

Под *ложноположительным результатом* нагрузочной пробы понимают появление на

ЭКГ признаков ишемии миокарда во время или после физической нагрузки у больных с неизмененными по данным коронарографии венечными артериями сердца. Под ложноотрицательным результатом пробы понимают отсутствие на ЭКГ ишемических изменений у больных с установленным диагнозом ИБС. Следует иметь в виду, что под ложноположительными или ложноотрицательными пробами понимают не ошибочную трактовку заключения, а ситуацию, когда при пробе налицо четкие формальные признаки отсутствия или

наличия ишемии миокарда. Несоответствие заключения истинному состоянию венечного (коронарного) кровотока обнаруживается лишь при инвазивной коронарной ангиографии. Возможность получения ложноположительных и ложноотрицательных результатов связана отчасти с тем, что, несмотря на непрерывное совершенствование технических аспектов «нагрузочной электрокардиографии» подобные косвенные пробы по своей природе имеют лишь ограниченное применение у больных ИБС для установления адекватности коронарного кровотока, так как снижение сегмента ST на ЭКГ при нагрузке не патогномонично для коронарной недостаточности и свидетельствует лишь о метаболических изменениях миокарда как коронарогенного, так и некоронарогенного происхождения.

Ложноположительные результаты могут быть связаны:

- 1) с относительной или функциональной недостаточностью сердечного выброса (например, при гипертрофии левого желудочка, митральном стенозе);
- 2) нарушениями электролитного обмена (прием диуретиков);
- 3) гормональными нарушениями (гиперфункция симпатико-адреналовой системы, прием эстрогенов);
- 4) нарушениями транспорта кислорода (различные гипоксии);
- 5) недостатком или блокированием гемоглобина (при тяжелых анемиях, увеличении уровня карбоксигемоглобина);
- 6) приемом различных лекарственных препаратов (дигиталис, хинидин, резерпин и др.);
- 7) физическими перегрузками, курением или даже приемом пищи перед исследованием.

Ложноположительные пробы могут встречаться при пролапсе митрального клапана, кардиомиопатиях, идиопатическом гипертрофическом субаортальном стенозе, изменениях на ЭКГ в покое (при синдроме Вольфа-Паркинсона-Уайта, укорочении интервала PQ, блокадах ветвей пучка Гиса). Часто ложноположительные результаты

встречаются при нейроциркуляторной дистонии и дисфункции вегетативной нервной системы. Причиной изменений на ЭКГ при нейроциркуляторной дистонии считается гиперсимпатический синдром, часто проявляющийся во время пробы с физической нагрузкой в «реакции на включение».

Некоронарогенными причинами ишемии миокарда могут быть многие заболевания (гипертиреоз, тяжелая неконтролируемая лекарственными препаратами гипертензия, гипертрофическая кардиомиопатия, аортальный стеноз и другие).

Возможные причины депрессии сегмента ST и других нарушений реполяризации

Частота ложноотрицательных проб по различным данным колеблется от 10 до 37% и в основном обусловлена различиями между обследуемыми группами больных. Ложноотрицательные результаты возможны при любой нагрузке. Даже при максимальной нагрузке наблюдается определенный процент больных с ангиографически документированной коронарной болезнью сердца и неизменной ЭКГ во время нагрузки. Ложноотрицательные результаты чаще встречаются у больных ИБС молодого возраста, с редкими приступами стенокардии напряжения, при изолированном поражении одной магистральной коронарной артерии. По-видимому, определенное значение имеет и выраженность коллатерального кровообращения. И все же процент ложноотрицательных проб снижается у больных с выраженным поражением коронарных артерий.

В случаях использования нагрузочной пробы недостаточно определять только ее *чувствительность* (возможность метода давать минимум ложноотрицательных результатов) и *специфичность* (возможность метода давать минимум ложноположительных результатов), необходимо знать вероятность наличия заболевания у лица с положительным тестом или возможность развития заболевания (ИБС) с отрицательным ответом (т.е. *прогностическую значимость*).

В клинике, при высокой распространенности заболевания (ИБС) среди больных, результаты применения нагрузочного теста сильно отличаются от результатов при популяционных исследованиях.

Проба с чреспищеводной электрической стимуляцией предсердий (ЧПЭС)

У лиц с синдромом гипервентиляции и повышенной симпатикоадреналовой реакцией в ответ на физическую нагрузку предпочтительней использовать *пробу с ЧПЭС*.

В основе пробы с ЧПЭС лежит повышение потребности миокарда в кислороде за счет увеличения ЧСС без существенного изменения АД. При проведении ЧПЭС обследуемый находится в состоянии физического покоя, активное участие в проведении пробы от него не требуется. Это дает возможность использовать ЧПЭС в тех случаях, когда проведение

проб с дозированной физической нагрузкой противопоказано или пробу не удается довести до диагностических критериев из-за детренированности обследуемого, наличия у него сопутствующих заболеваний (выраженная дыхательная недостаточность, недостаточность кровообращения, артериальная гипертония, перемежающаяся хромота, ортопедические дефекты, угрожающая отслойка сетчатки глаз и т.д.).

ЧПЭС имеет преимущество перед ВЭМ у пациентов с высоким АД. Отсутствие гипертензивной реакции при проведении ЧПЭС в некоторых случаях дает возможность дифференцировать истинно ишемические изменения сегмента ST от нарушений фазы реполяризации, обусловленных перегрузкой левого желудочка давлением. По той же причине ЧПЭС может быть рекомендована пациентам с неадекватным повышением АД при проведении ВЭМ. Кратковременность индуцируемой при ЧПЭС ишемии (в течение нескольких секунд после прекращения стимуляции снижение сегмента ST исчезает) позволяет использовать этот метод для диагностики ИБС у пациентов с нарушениями сердечного ритма и подозрением на синдром слабости синусового узла, т.к. параллельно можно получить важную информацию о его функции. ЧПЭС можно также применять у больных с застойной сердечной недостаточностью, после ИМ, с дыхательной недостаточностью, когда проба с физической нагрузкой чаще всего противопоказана. Однако у некоторых больных при ЧПЭС развивается функциональная АВ- блокада 2-й степени, рефрактерная к введению атропина, в связи с чем проба не может быть доведена до диагностических критериев. Недостатком ЧПЭС является определенный дискомфорт для больного, связанный с введением электрода в пищевод и иногда с самой стимуляцией.

Медикаментозные пробы с внутривенным введением препарата

Медикаментозные пробы с введением дипиридамола, изопротеренола, добутамина, аденозина и др. препаратов — безопасны, высоко эффективны и доступны большинству кардиологических отделений; к тому же они не уступают по чувствительности ВЭМ.

Например, по информативности проба с изопротеренолом у больных с атипичным болевым синдромом и при поражении одной коронарной артерии не уступает ВЭМ; однако выраженность симпатикоадреналовой реакции, субъективно плохо переносимой больными, делает пробу с изопротеренолом все же резервным методом диагностики (в случае невозможности выполнения пробы с нагрузкой). Пациентам, неспособным выполнить нагрузочный тест из-за физических ограничений, таких как ограниченная физическая способность, артрит, ампутация, тяжелые хронические заболевания периферических сосудов или тяжелые хронические обструктивные заболевания легких, следует рекомендовать фармакологические стресс-тесты в сочетании с визуализацией.

Пациентов, неспособных выполнять физическую нагрузку чаще назначают

фармакологические нагрузочные пробы с добутамином (который повышает потребность миокарда в кислороде за счет ускорения ЧСС и усиления сократимости) или с *дипиридамолом* /вводят внутривенно из расчета 0,75 мг на 1 кг массы тела/, который блокирует захват из крови аденозина и его деградацию.. Возникающая при этом коронарная вазодилатация увеличивает кровоток в участках миокарда, кровоснабжаемых интактными коронарными артериями. Поскольку в ишемизированных зонах артерии уже и так максимально дилатированы, возникает «синдром обкрадывания», когда кровь оттекает от пораженных участков к здоровым - развивается ишемия миокарда, которая может быть документирована с помощью ЭКГ, эхокардиографии или радионуклидного исследования миокарда.

Стандартная *добутаминовая проба* не может быть доведена до диагностических критериев приблизительно у 40% больных из-за повышения АД до предельно допустимого уровня, возникновения относительной брадикардии и других побочных эффектов при высокой дозе препарата. В сравнении с результатами КАГ при введении добутамина в дозе 40 мкг/кг/мин чувствительность пробы составляла 72-86%, специфичность -77-95%, точность 76-89 %. При этом снижение дозы добутамина сопровождалось снижением точности результатов исследования.

Амбулаторное холтеровское мониторирование ЭКГ (ХМ).

ХМ ЭКГ позволяет выявить признаки ишемии миокарда при повседневной активности, оценить все эпизоды как безболевые, так и болевые (т.н. общее ишемическое бремя – total ischaemic burden), особенно у тех пациентов, где невозможно провести тест с физической нагрузкой (сопутствующие заболевания опорно-двигательного аппарата, перемежающаяся хромота, склонность к выраженным повышениям АД при динамической ФН, детренированность, дыхательная недостаточность).

Чувствительность суточного мониторирования ЭКГ в диагностике ИБС составляет 44–81%, специфичность – 61-85%. Этот метод диагностики менее информативен для выявления преходящей ишемии миокарда, чем пробы с ФН. К прогностически неблагоприятным признакам при ХМ ЭКГ относят: большую суточную продолжительность ишемии миокарда, эпизоды желудочковых аритмий, сопровождающих ишемию миокарда; ишемия миокарда при невысокой ЧСС (< 70 уд/мин). Выявление при ХМ ЭКГ суммарной продолжительности ишемии миокарда более 600 сек в сутки свидетельствует о тяжелом поражении КА и служит веским основанием для направления пациента на КАГ и решения вопроса о реваскуляризации миокарда.

Меньшая чувствительность 24-часового мониторирования ЭКГ в выявлении преходящей

ишемии миокарда объясняется в первую очередь тем, что во время мониторинга многие больные просто не доводят себя до приступа стенокардии из-за невысокой физической активности.

В настоящее время при расшифровке холтеровской записи применяют дополнительные методы анализа: 1) сигнал-усредненная ЭКГ; 2) *вариабельность* (определяет разброс RR - интервалов без аритмии) и *турбулентность сердечного ритма* (оценка влияния желудочковых аритмий на сердечный ритм); 3) *вариабельность*, дисперсия зубца Т и *микроальтернация зубца Т* (применяют для оценки прогноза и аритмогенной готовности миокарда). Удлинение QT-интервала, большой разброс его длительности в разных отведениях (*дисперсия*) или наличие колебаний формы Т-зубца от комплекса к комплексу (*альтернация*) – важные прогностические признаки с высоким уровнем доказательности (А).

Для оценки ишемических изменений ЭКГ у больных с подозрением на ИБС выделяют *классы показаний к ХМ*. Это относится к тем больным, которым проведение нагрузочных проб противопоказано.

I класс: 1) Лица с подозрением на безболевою ишемию миокарда не испытывают боли вследствие очень низкого порога болевой чувствительности (лишь 20-25 % эпизодов ишемии у больных ИБС приходится на болевую форму, а 75-80% на безболевые формы ишемии); 2) Больные с сахарным диабетом с подозрением на ИБС, т.к. сопровождающие диабет различные ангиопатии являются противопоказанием для физической нагрузки; 3) Пожилые люди с подозрением на ИБС. Уровень субмаксимальной нагрузки для них оказывается недостижим из-за усталости, поэтому нагрузочный тест, как правило, оказывается неинформативным; 4) Больные после ЧКВ и кардиоваскулярных операций в ранние послеоперационные периоды; Д) Больные с ранней постинфарктной стенокардией;

IIa класс: 1) Женщины с подозрением на ИБС, т.к. около 40% женщин с положительной нагрузочной пробой не имеют ангиографического подтвержденного гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий в связи с особенностями вегетативной иннервации (главным образом в пред- и климактерический периоды, эндокринно-метаболическими нарушениями, снижением функции щитовидной железы, болезнями сосудистой стенки, нарушениями кальциевого обмена и др; 2) Для объективизации эффективности терапевтического лечения.

Бифункциональное (комбинированное) мониторирование ЭКГ и АД используют как для оценки аритмий и ишемии миокарда у больных с АГ, так и при контроле назначения антиаритмических и антиангинальных препаратов, многие из которых влияют на уровень АД.

Полифункциональное мониторирование ЭКГ, АД и дыхания.

С помощью метода можно сопоставить аритмию/асистолию с апноэ и объективно установить взаимосвязь остановок дыхания и колебаний АД. Во время исследования одновременно можно оценить ритм сердца и его нарушения, наличие ишемических изменений ЭКГ, значения АД и наличие остановок дыхания. Сопоставление этой информации позволяет выбрать правильную тактику ведения пациента.

Стресс-эхокардиография

ЭхоКГ позволяет неинвазивным путем оценивать состояние клапанного аппарата, размеры камер сердца, толщину стенок, систолическую и диастолическую функцию миокарда. В связи с абсолютной безвредностью этого метода для больных исследование можно проводить многократно с целью контроля над изменениями параметров центральной гемодинамики на фоне проводимого лечения, а также для проведения функциональных и фармакологических проб.

Принцип стресс-ЭхоКГ заключается в сочетании нагрузочных проб, приводящих в случае поражения коронарных артерий к коронарной недостаточности, с эхокардиографической оценкой глобальной и сегментарной сократительной функции миокарда. ЭхоКГ позволяет выявить ранние признаки стресс-индуцированной ишемии миокарда в виде нарушения диастолической и систолической функции.

Фармакологические стресс-тесты с применением визуализирующих методик показаны пациентам с ограниченной физической активностью (артриты, ампутации, тяжелые обструктивные заболевания легких, тяжелые заболевания периферических сосудов), неспособным выполнить нагрузочный тест.

Метод стресс-ЭхоКГ может быть использован при исходно измененной ЭКГ (блокадах ножек пучка Гиса, гипертрофии левого желудочка, постинфарктных изменениях, влиянии медикаментозной терапии и др.), а также в сомнительных и ложноположительных случаях нагрузочных тестов.

Основными преимуществами стресс-ЭхоКГ являются:

- 1) возможность получения множественных сечений сердца, визуализации каждого сегмента левого желудочка;
- 2) оценка результатов исследования в реальном масштабе времени с прекрасным пространственным разрешением;
- 3) большой выбор Эхо-КГ-показателей региональной и глобальной сократительной функции сердца;
- 4) мобильность современных ультразвуковых аппаратов;

5) неинвазивность, безопасность, исследования, хорошая переносимость больными, исключение ионизирующей радиации, возможность проведения исследования неограниченное число раз;

б) сравнительно низкая стоимость метода (Саидова М.А., 2009).

Стресс-ЭхоКГ имеет свои недостатки:

- 1) невозможность выполнения исследования у пациентов с плохим качеством визуализации структур сердца;
- 2) большое значение субъективного фактора при обработке результатов;
- 3) влияние качества ультразвуковой визуализации при выполнении пробы;
- 4) высокая стоимость подготовки у квалифицированного специалиста.

При проведении стресс-ЭхоКГ используются следующие нагрузки: физические (тредмил, велоэргометрия, изометрические нагрузки), электрическая стимуляция предсердий, фармакологические нагрузки и др. Наиболее часто применяются велоэргометрия в горизонтальном положении, тредмил, чреспищеводная стимуляция предсердий, фармакологические пробы с добутамином и дилтиаземом.

Главным отличием *фармакологической стресс-ЭхоКГ* является получение наиболее качественных изображений сердца, а также возможность выявления ‘‘спящего’’ (гибернирующего) миокарда. Однако при этом могут возникать различные нарушения ритма сердца, колебания АД. *Стресс-ЭхоКГ с добутамином* и другими фармакологическими препаратами все шире применяется для оценки вызванных ишемией локальных нарушений сократимости миокарда и оценки жизнеспособности миокарда.(Nagaoka H. et al., 1997). Выявляемое при стресс-ЭхоКГ или контрастной вентрикулографии нарушение локальной сократимости левого желудочка у больных ИБС не обязательно связано с необратимым повреждением миокарда. Его жизнеспособность в такой зоне может быть сохранена, однако сократительная функция снижена или отсутствует.

Преимуществом *чреспищеводной электрической стимуляции предсердий* при стресс-ЭхоКГ является непродолжительность исследования, возможность его быстрой остановки, а недостатками – неудобства, доставляемые пациенту и невысокая специфичность.

Стресс-ЭхоКГ используется для определения прогноза больных после реваскуляризации миокарда, который во многом определяет состояние жизнеспособности диссинергичного миокарда, резерва инотропной сократимости, особенно у больных со сниженной фракцией выброса левого желудочка и проявлениями сердечной недостаточности.

Пути развития метода стресс-ЭхоКГ связаны с повышением качества визуализации,

созданием новых технологий, новых ультразвуковых доступов (чреспищеводная ЭхоКГ, контрастная ЭхоКГ), внедрением новых стрессорных агентов, объективизацией обработки получаемой информации и т.д. В оценке перфузии миокарда значимый прогресс имеет *контрастная ЭхоКГ*, которая дает также возможность изучения анатомии сердца, жизнеспособного миокарда. В качестве контрастного вещества используются ‘микропузырьки’, оболочкой которых являются альбумин, липиды или другие полимеры.

Показания к применению стресс-ЭхоКГ при ИБС:

Для улучшения визуализации региональных нарушений сократимости миокарда в последние годы используют контрастные агенты.

- 1) диагностика миокардиальной ишемии, гемодинамической значимости стенозов коронарных артерий;
- 2) контроль за эффективностью лечения;
- 3) стратификация пациентов по степени риска периоперационных сердечно-сосудистых осложнений при хирургических вмешательствах;
- 4) определение прогноза и перспективности реваскуляризационных процедур;
- 5) определение жизнеспособности миокарда.

Противопоказания делятся на абсолютные и относительные.

5.1.2 *Абсолютные* противопоказания:

- 1) острая фаза инфаркта миокарда;
- 2) острый миокардит и перикардит;
- 3) выраженные нарушения ритма высоких градаций;
- 4) тяжелый аортальный стеноз;
- 5) тяжелая анемия;
- 6) острая инфекция;
- 7) острое расслоение аорты;
- 8) гипертиреоз.

Относительные противопоказания:

- 1) гипертрофическая обструктивная кардиомиопатия;
- 2) подозрение на поражение ствола левой коронарной артерии;
- 3) тромбоз полостей сердца с высоким риском эмболии;
- 4) тяжелая артериальная гипертензия (АД в покое > 200/110 мм рт. ст.);
- 5) тяжелая сердечная недостаточность;
- 6) выраженная депрессия сегмента ST ишемического типа в покое.

Критерии прекращения пробы с добутамином или с физической нагрузкой

- 1) достижение субмаксимальной ЧСС;
- 2) повышение АД > 240/120 мм рт. ст. и снижение АД более чем на 20 мм рт. ст. по сравнению с исходным;
- 3) развитие типичного интенсивного приступа стенокардии;
- 4) появление угрожающих нарушений сердечного ритма;
- 5) проявление нарушений проводимости;
- 6) появление новых или ухудшение имеющихся нарушений локальной сократимости в двух соседних сегментах;
- 7) развитие глобального снижения сократимости.

Магнитно-резонансная томография (МРТ).

МРТ обладает высокой разрешающей способностью, что делает этот метод одним из наиболее точных для измерения объемов полостей сердца и амплитуды движения участков миокарда, а также расчета фракции выброса. В основном оценивают инотропный резерв с помощью МРТ и добутаминовой пробы. Точность МРТ повышается при использовании контрастных веществ. Доказана высокая чувствительность (89%) и средняя степень специфичности (80%) стресс-перфузионной МРТ в выявлении значимых поражений коронарного русла.

При многофакторном анализе определена независимая ассоциация между неблагоприятным прогнозом у пациентов с положительным результатом стресс МРТ и 99% выживаемость у пациентов без ишемии при 36 месячном наблюдении. Подобные результаты были получены при использовании для оценки перфузии МРТ пробы с аденозином трифосфатом. Появление новых нарушений движения стенки ЛЖ (в 3-х из 17 сегментов) либо появление дефекта перфузии > 10% (≥ 2 сегментов) области миокарда ЛЖ может указывать на высокий риск осложнений.

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ).

МСКТ является информативным методом выявления и оценки распространенности кальциноза коронарных артерий. Однако широкое применение МСКТ для оценки кальциноза коронарных артерий у больных стабильной стенокардией не рекомендуется. МСКТ может найти применение у больных с низкой вероятностью коронарной болезни сердца (менее 10%) не однозначных результатах функциональных проб (ЭКГ с нагрузкой, стресс-эхокардиографии или сцинтиграфии миокарда). Даже такой золотой стандарт в диагностике коронарной болезни сердца как *рентгеноконтрастная коронароангиография* имеет ряд ограничений: инвазивность, невозможность оценки

поражений дистального русла коронарных артерий, влияние экстракоронарных факторов (например, гипертрофии миокарда), плохое выявление эксцентрических стенозов, общее описание коллатерального русла, относительные пороговые критерии стенозов. Скрининг кальциноза коронарных артерий с помощью МСКТ применяется для количественного определения коронарного кальция. Кальцинаты визуализируются из-за высокой плотности по отношению к крови и стенке сосудов. Высокий уровень кальциевого индекса ассоциируется со значительно большим риском обструктивного поражения коронарного русла. *МСКТ коронарных артерий с контрастированием* в большинстве случаев позволяет выявить атеросклеротические бляшки, а также определить степень внутрисосудистого стенозирования. У больных, перенесших ранее коронарное шунтирование, этот метод помогает оценить проходимость артериальных и венозных шунтов. Преимуществом этого исследования является его малоинвазивность. По данным крупного мета-анализа (Mowett G. et al., 2008), посвященного точности неинвазивной диагностики степени стенозирования КА с помощью МСКТ с 64 рядами детекторов в сравнении с КАГ, включавшего 3142 пациента с подозрением на ИБС, чувствительность метода составила 83% (79-89%), специфичность 93% (91-96%). Кроме того, метод МСКТ продемонстрировал высокую отрицательную прогностическую точность для исключения окклюзирующих поражений КА, которая, по данным разных авторов, составляет от 97% до 100%. МСКТ позволяет оценить наружный и внутренний контуры артерии, аномалии и аневризмы коронарных артерий. У пожилых пациентов с множественными кальцинированными внутрисосудистыми бляшками этот метод приводит к гипердиагностике стенозирования КА.

Радионуклидная диагностика

Методы радионуклидной диагностики – однофотонная (ОЭКТ) и позитронная (ПЭТ) эмиссионная томография – располагают принципиально иным подходом к визуализации. Он заключается в метке различных биологически активных веществ радионуклидом, с последующей визуализацией распределения данного вещества (радиофармпрепарата, РФП) в организме. Благодаря универсальности такого подхода и постоянно растущим возможностям радиохимического синтеза и обеспечивается высокий потенциал методов радионуклидной диагностики. Главным преимуществом радионуклидной визуализации является возможность оценить перфузию, функцию, метаболизм органов или тканей на клеточном и молекулярном уровне.

Прежде всего необходимо отметить роль ОЭКТ и ПЭТ в визуализации клеточной перфузии органов-мишеней, кровоснабжаемых атеросклеротически пораженными артериями, в частности миокарда. Радионуклидные перфузионные исследования миокарда

позволяют выявить повреждения кардиомиоцитов, вызванные не только снижением кровотока в стенозированной коронарной артерии (КА), но и, что не менее важно, при эндотелиальной дисфункции, микроциркуляторных нарушениях коронарного русла при интактных КА, по данным КАГ, а также при диффузном атеросклерозе, артериальной гипертензии, некоронарогенной патологии. При этом возможности ОЭКТ и ПЭТ включают визуализацию всего спектра жизнеспособности миокарда, то есть не только необратимых изменений (ПИКС, фиброз), но и преходящей ишемии, процессов гибернации и оглушения миокарда, что крайне важно для предсказания потенциального эффекта от реваскуляризации стенозированного или окклюзированного сосуда. При перфузионной ОЭКТ используются лиганды, меченные технецием-99m (МИБИ, тетрофосмин), и для оценки жизнеспособности миокарда проводится сопоставление между нарушениями перфузии и локальной сократимости миокарда левого желудочка (ЛЖ). Возможности новых томографов с КТ-коррекцией поглощения и современным программным обеспечением привели к значительному увеличению качества изображений с визуализацией все более тонких нарушений перфузии.

У пациентов с СД поражение микроциркуляторного русла приводит к нарушению клеточной перфузии миокарда, что подтверждается данными перфузионной ОЭКТ. У пациентов с СД отмечается диффузно-неравномерная (мозаичная) перфузия миокарда с признаками усугубления этих нарушений при нагрузочной пробе. При этом такая диффузная преходящая ишемия миокарда может являться субстратом ангинозных симптомов у пациента, и, как упоминалось выше, она может быть скомпенсирована лишь консервативными методами лечения.

Золотым стандартом в диагностике жизнеспособного миокарда считается проведение ПЭТ с двумя различными РФП, один из которых отражает клеточную перфузию ($^{13}\text{NH}_3$, ^{82}Rb -хлорид, H_2^{15}O), а другой – потребление миокардом глюкозы (^{18}F -ФДГ), которое в условиях обратимой ишемии может быть сохранным или даже повышенным.

Несмотря на то что ОЭКТ является более доступным методом для рутинной клинической практики, возможности ПЭТ в целом выше, чем ОЭКТ. Это связано с тем, что для ПЭТ используются позитрон-излучающие изотопы фтора, углерода, азота и кислорода, то есть элементов, которые естественным образом вступают в химические реакции со многими лигандами с образованием ковалентных связей. В то же время элементы, изотопы которых непосредственно испускают гамма-излучение и используются для ОЭКТ, представляют собой металлы и галогены (технеций, йод, индий, таллий), и метка химических соединений такими элементами более сложна. В результате набор РФП, применяемых для ОЭКТ, в настоящее время относительно скромнен. В частности, помимо оценки перфузии

миокарда, важна визуализация и количественная оценка обмена жирных кислот, поскольку при ишемии он замедляется и замещается анаэробным гликолизом. При ОЭКТ оценка обмена жирных кислот в миокарде проводится лишь с использованием РФП на основе меченой жирной кислоты (^{123}I -ВМІРР), в то время как ПЭТ располагает целым рядом метаболических РФП – как для оценки окисления жирных кислот (^{11}C -пальмитат, ^{11}C -бутират), так и для оценки функционирования цикла Кребса (^{11}C -ацетат), гликолиза (^{11}C -лактат).

ПЭТ является также и основным методом молекулярной визуализации атеросклероза. В настоящее время ядерная кардиология располагает несколькими десятками РФП для высокочувствительной визуализации практически каждого из этапов атерогенеза, включая хемотаксис, ангиогенез, аккумуляцию липопротеидов, протеолиз, тромбогенез. При этом как минимум три РФП уже успешно применяются в клинической практике: ^{18}F -ФДГ, ^{18}F -холин и ^{11}C -РК11195.

Фтордезоксиглюкоза (ФДГ) является достаточно точным аналогом глюкозы, поскольку захват ФДГ клетками (в том числе кардиомиоцитами) сопоставим с захватом глюкозы, при этом фосфорилирование ФДГ также осуществляется гексокиназой, в результате чего ФДГ фиксируется в клетке. ФДГ является универсальным маркером метаболической активности клетки. Визуализация нестабильных АСБ с помощью ФДГ основана на том, что повышенная метаболическая активность в такой бляшке обеспечивается активным макрофагальным ответом. Уже с самых ранних исследований по изучению накопления ФДГ в стенке сонных артерий было выявлено, что выраженность этого накопления пропорциональна количеству макрофагов в зоне АСБ (по данным гистопатологического анализа), но при этом не имеет связи с площадью и объемом АСБ. Метод является количественным, его основной показатель SUV (Standardized Uptake Value, стандартизованный уровень захвата РФП) оказался высоковоспроизводимым, что позволило проводить объективные сопоставления в динамике. Так, на фоне терапии статинами, а также при изменении образа жизни снижение накопления ФДГ в стенке сосудов происходит параллельно с нормализацией липидного профиля. Эти работы касаются визуализации сонных артерий и аорты, в то время как исследования накопления ФДГ в коронарных артериях представляют из себя определенную техническую проблему. Это связано как с относительно невысокой разрешающей способностью ПЭТ (3–5 мм), так и с тем, что в норме ФДГ накапливается в миокарде с интенсивностью, намного превышающей накопление в КА. В настоящее время предлагается новый протокол подготовки пациента к исследованию, включающий предварительную низкоуглеводную высокожирную диету, которая позволяет снизить накопление ФДГ в миокарде и значительно улучшить визуализацию стенок КА.

Многочисленные клинические исследования указывают на то, что повышенное накопление ФДГ в стенках крупных артерий является достаточно мощным предиктором сердечно-сосудистых осложнений. Как правило, такие исследования проводятся у онкологических больных с бессимптомным атеросклерозом, поскольку ПЭТ у этих пациентов проводится по показаниям, связанным с основным заболеванием, что позволяет проводить ретроспективный анализ состояния сердечно-сосудистой системы на больших группах. Наиболее перспективными представляются исследования на гибридных ПЭТ/КТ-томографах, где в рамках одного исследования удастся сравнить возможности обоих методов, визуализирующих различные процессы атерогенеза. Еще в 90-х гг. было показано, что наличие кальцинатов в КА по данным КТ далеко не всегда совпадает с зонами повышенного накопления ФДГ по данным ПЭТ. Эти данные заставили более детально исследовать патофизиологические процессы, протекающие в рамках бляшки, в частности взаимоотношение процессов кальцификации и воспалительного ответа. В отличие от КТ, при ПЭТ с ФДГ визуализируется воспалительный компонент бляшки, причем наиболее высокое включение ФДГ является временным, отражающим текущий высокий уровень воспаления в бляшке, имеющей высокую вероятность разрыва. Имеется ряд исследований, указывающих на то, что такое повышение включения ФДГ происходит в тех бляшках КА, которые впоследствии приводили к ИМ. Еще одна точка приложения визуализации с ФДГ – это определение наличия воспалительных процессов в зоне стентирования КА.

¹⁸F-холин используется в клинической практике в основном как РФП для визуализации рака простаты, поскольку в пролиферирующих клетках возрастает активность холин-специфичного транспортера (ChT), в результате чего ¹⁸F-холин фосфорилируется и закрепляется в мембране клеток. Установлен факт повышенного захвата ¹⁸F-холина не только опухолевыми клетками, но и активированными макрофагами, причем холин оказался более чувствительным маркером воспаления в коронарных артериях, чем ФДГ, не в последнюю очередь благодаря тому, что холин практически не накапливается в миокарде. Как и в случае с ФДГ, накопление холина также не всегда соответствовало зонам кальциноза в артериях.

Перспективной мишенью для ПЭТ-визуализации является митохондриальный белок – переносчик TSPO (Translocator Protein 18кДа), который в больших количествах экспрессируется на макрофагах. Селективный агонист данного рецептора, РК11195, меченный углеродом-11, оказался высокочувствительным маркером макрофагальной активности, имеющей место при рассеянном склерозе, болезни Паркинсона, системных воспалительных заболеваниях сосудов. К настоящему времени проведены первые

исследования возможностей данного РФП при атеросклерозе, показавшие обнадеживающие результаты.

Наряду с тремя вышеуказанными РФП, в мировой литературе постоянно появляются данные о новых, экспериментальных лигандах. К настоящему времени известно более чем 20 соединений, которые позволяют визуализировать различные этапы атерогенеза на моделях животных или *in vitro*, с акцентом на визуализацию нестабильных атеросклеротических бляшек.

Заключение

При диагностике ИБС современная технология не заменяет, а дополняет работу врача, обязанного тщательно собрать анамнез, произвести подробное физикальное исследование и установить тесный контакт с пациентом. Врачу нужно глубоко и объективно проанализировать целесообразность применения того или иного функционального метода у конкретного больного. Важно также решить, уместно ли применение тех или иных сложных методик в тех или иных обстоятельствах.

Результаты диагностического теста имеют значение только тогда, когда они изменяют степень вероятности какого-либо диагноза настолько, что это влечет за собой изменение лечебной тактики. Чем больше врач знает о больном (данные анамнеза, факторы риска и объективного обследования), тем меньше новой информации может дать нагрузочный тест.

Несмотря на успешное развитие методов ангиографической диагностики ИБС и неинвазивных методов визуализации сердца, *проба с физической нагрузкой* остается одним из наиболее доступных методов скринингового обследования в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний, стратификации риска, прогноза оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и эффективности антиишемической терапии. Основным принципом проведения пробы с физической нагрузкой в современной практической кардиологии является провокация ишемии миокарда у пациентов с поражением коронарных артерий, при котором потребность миокарда в кислороде не соответствует его доставке, с целью диагностики ИБС. Немаловажными достоинствами нагрузочных проб являются возможность их стандартизации и хорошая воспроизводимость.

В связи с появлением новых и часто дорогих и сложных методик, необходимо оценить значение соотношения их стоимости и эффективности. Возможно, нужные данные о пациенте целесообразнее было бы получить другим путем, используя более простую методику. Полученные с помощью сложных методик результаты должны служить основой для клинического вмешательства в течение заболевания.

В клинической практике диагностику и прогностическую оценку часто проводят одновременно, чем по отдельности, а многие диагностические исследования дают также и прогностическую информацию. Нормальные результаты функциональной визуализации связаны с хорошим прогнозом, тогда как документированная ишемия сопряжена с повышенным риском серьезных нежелательных событий.

Неинвазивное стресс-тестирование дает полезную информацию, дополняющую клинические данные. Выбор конкретного метода должен быть основан на данных стандартной ЭКГ покоя, способности пациента выполнять нагрузку, доступных технологиях и опыте врача. Если пациент не способен выполнить нагрузку из-за физических ограничений, тяжелых обструктивных заболеваний легких, болезни периферических сосудов, выраженного ожирения рекомендуется назначать фармакологические стресс-тесты с использованием визуализации миокарда.

У пациентов с нормальной ЭКГ с физической нагрузкой прогноз исключительно благоприятный. В связи с этим необходимо, по возможности, использовать менее затратную пробу на тредмиле для начальной стратификации риска событий. Лица с высоким риском событий должны быть направлены на инвазивную коронарную ангиографию. В отличие от обычных ЭКГ-нагрузочных проб, стресс Эхо КГ может быть использована при исходно измененной ЭКГ (блокадах ножек пучка Гиса, гипертрофии левого желудочка, постинфарктных изменениях, влиянии медикаментозной терапии и др.), а также при получении сомнительных результатов нагрузочных проб.

Определение методики, имеющей высокие показатели чувствительности, специфичности, оптимальные экономические показатели применения, удобство для пациента и минимальное влияние оператора на качество обследования, остаются предметом дальнейшего изучения.

Тестовые задания для усвоения материала

1. Абсолютными противопоказаниями к проведению нагрузочных проб являются:

- а) наличие пробежек желудочковой тахикардии максимально из 10 комплексов по данным холтеровского мониторирования ЭКГ, сопровождающихся умеренным головокружением и выраженной слабостью
- б) сердечная недостаточность IIА ст.
- в) атриовентрикулярная блокада I ст.
- г) критический аортальный стеноз с выраженной симптоматикой
- д) наличие атеросклероза огибающей и правой коронарной артерий до 70%

2. Какие лекарственные препараты необходимо отменить перед проведением нагрузочных проб

- а) нитраты пролонгированного действия
- б) сартаны
- в) статины
- г) сердечные гликозиды
- д) мочегонные препараты

3. Абсолютными критериями прекращения нагрузочной пробы являются

- а) прогрессирующая (умеренная или тяжелая) боль в грудной клетке ангинозного характера
- б) появление выраженной бледности
- в) регистрируемые по ЭКГ одиночные, единичные желудочковые экстрасистолы
- г) пароксизм мерцательной аритмии, при стабильных показателях гемодинамики
- д) прироста АД на 10 мм рт.ст., в ответ на увеличение объема нагрузки на 1 ступень

4. Объективными критериями ишемии миокарда являются

- а) при возникновении типичного болевого синдрома в грудной клетке даже при отсутствии ишемических изменений на ЭКГ
- б) горизонтальное снижение сегмента ST на 0,5 мм, или медленно-восходящее снижение сегмента ST до 1 мм
- в) частая наджелудочковая экстрасистолия
- г) при появлении горизонтальной депрессии или элевации сегмента ST с амплитудой ≥ 1 мм в двух соседних отведениях, во время или вскоре после прекращения нагрузки
- д) при появлении косонисходящей депрессии сегмента ST с амплитудой ≥ 1 мм в двух

соседних отведениях вскоре после прекращения нагрузки, даже при отсутствии ангинозного приступа

5. Ложноположительные результаты нагрузочного теста могут быть связаны с

- а) гемодинамически незначимой атеросклеротической бляшкой (до 50%)
- б) с гипертрофией левого желудочка
- в) с дистальным поражением коронарного русла более 3х артерий
- г) при митральной недостаточности
- д) при гормональных нарушениях
- е) при тяжелых анемиях, увеличении уровня карбоксигемоглобина

6. Пациенту после перенесенной ампутации правой стопы для верификации ИБС следует рекомендовать

- а) стресс-ЭхоКГ с велоэргометрией
- б) проведение коронарной ангиографии, т.к. проведение нагрузочных тестов противопоказано
- в) проведение фармакологического стресс-тесты в сочетании с визуализацией
- а) проведение МСКТ коронарных артерий, т.к. проведение нагрузочных тестов противопоказано

7. Объективными недостатками Стресс-ЭхоКГ являются

- а) большой объем нагрузки на пациента
- б) невозможность выполнения исследования у пациентов с плохим качеством визуализации структур сердца
- в) субъективного фактора при обработке результатов
- г) не имеет недостатков

8. Главным преимуществом однофотонной и позитронной эмиссионной томографии является

- а) возможность проведения исследования у пациентов с ампутациями нижних конечностей
- б) возможность оценить перфузию, функцию, метаболизм органов или тканей на клеточном и молекулярном уровне
- в) возможность оценить % атеросклеротической бляшки в конкретной коронарной артерии

9. При перфузионной ОЭКТ используются

- а) лиганды, меченные технецием-99m (МИБИ, тетрофосмин)
- б) лиганды, меченные технецием-12
- в) контрастное вещество – омнипак
- в) меченые ^{99m}Tc фосфатные комплексы (метилендифосфонат, медронат)

10. Критериями прекращения нагрузочной пробы являются

- а) желание пациента
- б) при достижении испытуемым субмаксимальных величин ЧСС (75% или 85% от расчетной возрастной максимальной частоты),
- в) при появлении клинических или электрокардиографических критериев прекращения нагрузки
- г) возникновение умеренной одышки

Правильные ответы

- 1. а, г
- 2. а, г, д
- 3. а, б
- 4. г, д
- 5. б, г, д, е
- 6. в
- 7. б, в
- 8. б
- 9. а
- 10. б, в

Список литературы

- 1. Е. И. Чазов. Руководство по кардиологии в четырех томах. Москва, 2014
- 2. В.П. Лупанов, Э.Ю.Нуралиев, И.В.Сергиенко. Функциональные нагрузочные пробы в диагностике ишемической болезни сердца, оценке риска осложнений и прогноза. Москва, монография. 2016
- 3. И. В. Сергиенко, А. А. Аншелес, В. В. Кухарчук. Атеросклероз и дислипидемии: современные аспекты патогенеза, диагностики и лечения. Москва, монография 2016

4. И. В. Сергиенко, А. А. Аншелес, В. В. Кухарчук. Дислипидемии, атеросклероз и ишемическая болезнь сердца: современные аспекты патогенеза, диагностики и лечения. Москва, монография 2018
5. И. В. Сергиенко, А. А. Аншелес, В. В. Кухарчук. Дислипидемии, атеросклероз и ишемическая болезнь сердца, генетика, патогенез, фенотипы, диагностика, терапия, коморбидность. Издание четвертое, переработанное и дополненное. Москва, монография 2020
6. И. В. Сергиенко, А. А. Аншелес, М. В. Ежов, А.Б. Попова, Д.Н. Нозадзе, М.Ю. Зубарева. Дислипидемии и атеросклероз. Учебное пособие для слушателей дополнительного профессионального образования по специальностям кардиология, врач общей практики, терапия. Москва, 2020