

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального
образования «Красноярский государственный медицинский университет имени
профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения
Российской Федерации
ГБОУ ВПО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России



Кафедра кардиологии, функциональной и клинико-лабораторной
диагностики ИПО

РЕФЕРАТ

По дисциплине «Функциональная диагностика»

Тема: «ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ»

Выполнила врач-ординатор
2 года обучения
Валерианова Т.Г.

Красноярск 2021

ВВЕДЕНИЕ

В кардиологии наиболее часто из функциональных проб используют пробы с физической нагрузкой (велоэргометр, тредмил). Их проводят у больных обычно с целью диагностики, определения прогноза и функциональной оценки. Непрерывная ступенчато-возрастающая нагрузка дается до появления симптомов, указывающих на ее плохую переносимость, либо до достижения испытуемым определенной ЧСС (субмаксимальная, максимальная). Величина выполненной нагрузки обычно выражается в ваттах (W). Может быть указано также максимальное потребление кислорода в единицах MET (метаболический эквивалент) - в мл использованного кислорода на 1 кг веса тела в мин. В ходе нагрузки регистрируется ЭКГ, АД, иногда вентиляционные показатели. Различают физиологические и патологические реакции на нагрузку. Патологической реакцией, имеющей наибольшее клинко-диагностическое значение при КБС, является появление стенокардии и изменения ЭКГ в виде снижения сегмента ST горизонтального или косонисходящего вида на 1 мм или больше. К патологическим изменениям АД относится его недостаточное повышение или снижение при нагрузке, что указывает на развитие выраженной дисфункции левого желудочка, или чрезмерное повышение АД (при артериальной гипертонии).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Функциональные или нагрузочные пробы в кардиологии используются для определения реакции сердечно-сосудистой системы при повышении требований к ней (физическая, психоэмоциональная нагрузка) или в искусственных условиях (изменения положения тела в пространстве, после введения препаратов) для диагностики, определения прогноза и функциональной оценки.

Пробы с физической нагрузкой как наиболее физиологичные и информативные используются чаще других.

Психоэмоциональная проба заключается в выполнении логической, математической или механической задачи при неблагоприятных внешних условиях (ограниченное время, шум, температура, освещенность и др.).

Фармакологические пробы обычно проводятся с препаратами, вызывающими гемодинамические реакции, например с добутамином, обладающим быстрым и выраженным инотропным действием, или с дипиридамом, вызывающим коронарную дилатацию и синдром коронарного «обкрадывания».

Типы нагрузочных тестов

С физической нагрузкой:

- динамическая (велоэргометр, тредмил)
 - изометрическая (кистевой жим)
- Психоэмоциональные
Фармакологические (добутамин, дипиридамом)

С изменениями положения тела в пространстве и при ускорениях
Чреспищеводная кардиостимуляция

Пробы с изменением положения тела в пространстве и ускорением используются в авиакосмической медицине с целью отбора и контроля подготовки летчиков и космонавтов.

Чреспищеводная электрокардиостимуляция применяется для оценки функции синусового узла или провокации ишемии миокарда, вызванными учащением ритма сердца.

Во время нагрузки могут быть измерены гемодинамические (ЧСС, АД) и вентиляционные показатели (потребление кислорода, выделение углекислоты, частота дыхания, минутная вентиляция легких). В специальных случаях нагрузочные пробы часто сочетаются и с другими исследованиями: с эхокардиографией - с целью, например,

выявления зон асинергии миокарда или со скintiграфией миокарда с таллием-201 для оценки его перфузии. Инструментальный контроль может осуществляться в автоматическом режиме (ЭКГ, АД). Для оценки ЭКГ используется компьютер, который по усредненному ЭКГ-комплексу анализирует положение сегмента ST, крутизну подъема или депрессии ST и другие параметры. Одновременно может определяться потребление кислорода и выделение углекислоты, что позволяет рассчитать энерготраты и аэробную способность (количество поглощенного в 1 мин кислорода на 1 кг веса тела).

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ И ПАТОЛОГИЧЕСКИЙ ОТВЕТЫ НА НАГРУЗКУ

При нагрузке быстро увеличивается ЧСС, которая зависит от интенсивности нагрузки и вовлеченной мышечной массы. Вследствие этого, а также механизма Франка-Старлинга возрастает сердечный выброс и захват кислорода. Максимальное потребление кислорода или максимальная аэробная способность определяется артериовенозной разницей по кислороду и сердечным выбросом. С увеличением возраста эта способность снижается. При сердечно-сосудистых заболеваниях или детренированности аэробная способность также снижается вследствие ограничения сердечного выброса.

Максимальная аэробная способность с приемлемой точностью может быть установлена по эмпирическим формулам, учитывающим пол, возраст, вес и рост. При достаточной мощности нагрузки, достигающей приблизительно 50-60% максимальной аэробной способности, мышцы переходят на анаэробный метаболизм. Содержание лактата в крови начинает повышаться. Из-за взаимодействия лактата с буферным бикарбонатом крови увеличивается выделение углекислого газа, которое становится непропорционально большим по отношению к потреблению кислорода. Дыхательный коэффициент отражает соотношение между объемом выделенного углекислого газа и количеством поглощенного кислорода и обычно в покое колеблется в пределах 0,7-0,85 в зависимости от субстрата, который используется для окисления (1,0 - при преимущественном использовании углеводов и 0,7 - при преимущественном использовании жирных кислот). Если во время нагрузки испытуемый достигает анаэробного порога, то дыхательный коэффициент превышает 1,1.

Термин «метаболический эквивалент» (МЕТ) характеризует потребление кислорода в покое мужчиной 40 лет и весом 70 кг. Одна единица МЕТ равна потреблению 3,5 мл кислорода на 1 кг веса тела в мин. Поэтому интенсивность работы может быть выражена в единицах МЕТ.

При максимальной ЧСС организм использует 100% своих аэробных возможностей, т.е. способности захвата и использования кислорода.

Максимальная ЧСС рассчитывается по формуле:

$$ЧСС_{\text{макс}} = 220 - \text{возраст.}$$

Ориентировочные величины $ЧСС_{\text{макс}}$ следующие: 20 лет - 200; 30 лет - 190; 40 лет - 180; 50 лет - 170; 60 лет - 160. Кроме того, существует понятие о субмаксимальном пульсе, который бывает при субмаксимальной нагрузке, когда достигается не 100% аэробная способность, а меньшая, заранее заданная, например 70 или 80% аэробной способности. Этой заранее заданной целевой нагрузке соответствуют определенные опытным путем величины ЧСС, и нагрузка продолжается до тех пор пока испытуемый не достиг субмаксимальных величин ЧСС. Это и будет субмаксимальная нагрузка.

Субмаксимальная ЧСС определяется уравнением:

$$ЧСС_{\text{субмакс}} = 220 - (\text{возраст} \cdot 0,65).$$

У некоторых людей в ответ на нагрузку ЧСС увеличивается незначительно, что указывает на нарушение функции синусового узла (синдром слабости синусового узла, гипотиреоз) или влияние лекарственных препаратов (β -адреноблокаторы, ивабрадин). Чрезмерное ускорение ЧСС бывает при детренированности, необычном волнении, дисфункции ЛЖ, анемии, гиперфункции щитовидной железы.

С увеличением нагрузки растет систолическое АД, достигая 200 мм рт.ст. и больше. Более значительное повышение АД характерно для гипертоников. Диастолическое АД у здоровых людей существенно не изменяется (с колебаниями ± 10 мм рт.ст.), но повышается у гипертоников.

Если при нагрузке САД не увеличивается или снижается, это может быть связано с недостаточным сердечным выбросом (дисфункция миокарда) или избыточной системной вазодилатацией. Недостаточное увеличение АД при нагрузке или даже его снижение встречается не только при сердечно-сосудистых заболеваниях, при которых развивается дисфункция миокарда при нагрузке (при развитии стенокардии, болезнях миокарда, приеме гипотензивных препаратов, аритмии), но и у людей с выраженными вазовагальными реакциями. Снижение АД во время появления при нагрузке стенокардии типично для тяжелого стенозирующего коронарного поражения и асинергии в ишемизированных участках миокарда ЛЖ.

При постоянном субмаксимальном уровне нагрузки через 2-3 мин устанавливается устойчивое состояние, при котором ЧСС, АД, сердечный выброс и легочная вентиляция остаются на относительно устойчивом уровне.

У людей с нарушением кардиореспираторной функции устойчивого состояния может не быть, и по мере нагрузки нарастает кислородный долг. После прекращения нагрузки поглощение кислорода у них превышает обычное потребление в покое на величину кислородного долга.

Произведение ЧСС на систолическое АД (двойное произведение) увеличивается с ростом нагрузки и коррелирует с миокардиальным потреблением кислорода. Расчет этого произведения используется

в качестве непрямого индекса миокардиального потребления кислорода.

При детренированности и с увеличением возраста максимальное потребление кислорода миокардом при нагрузке уменьшается из-за возрастного уменьшения максимального ЧСС и систолического выброса.

Захват кислорода из коронарного кровотока миокардом даже в покое является максимальным, а увеличение его при нагрузке достигается за счет коронарной дилатации. При КБС эта дилатация невозможна в местах стенозирования. Кроме того, у больных с вариантной стенокардией Принцметала, которая встречается редко, может наступить спазм коронарных сосудов при нагрузке. Поэтому у больных со стенокардией напряжения при физической нагрузке наступает период, когда из-за стенозирования коронарных сосудов увеличение доставки кислорода миокарду становится невозможным и не может быть выше определенного уровня (внутренний порог стенокардии).

Поэтому миокардиальное потребление кислорода при развитии стенокардии является максимальным, что может быть выражено двойным произведением, величина которого в период появления боли также является максимальной для данного больного и характеризует его внутренний порог стенокардии.

Субэндокардиальные участки миокарда более подвержены ишемии вследствие более высокого систолического напряжения. С развитием ишемии начинается так называемый ишемический каскад.

Ишемический каскад

Увеличение продукции лактата

Диастолическая дисфункция:

- нарушение диастолического наполнения;
- повышение диастолического давления Систолическая дисфункция:
- нарушение сократимости ишемизированных участков сердца;
- снижение фракции выброса (ФВ) и систолического выброса

Изменения ЭКГ Стенокардия

Двойное произведение (ЧСС на систолическое АД) является индексом миокардиального потребления кислорода, и в период развития стенокардии является максимальным для данного больного.

ИЗМЕНЕНИЯ ЭКГ ПРИ НАГРУЗКЕ

При нагрузке по мере увеличения ЧСС интервалы P-Q, QRS и QT укорачиваются, вольтаж P повышается, точка J и сегмент ST снижаются, сегмент ST приобретает косовосходящий вид (функциональное снижение) (рис. 5.1).

Слева сверху вниз: нормальная ЭКГ, J-точка соединения («junction», англ.) зубца S и сегмента ST; быстро восходящая депрессия сегмента ST, вариант нормы; глубокая горизонтальная депрессия ST, указывающая на субэндокардиальную ишемию миокарда.

Справа сверху вниз: косонисходящая депрессия ST, характерная для субэндокардиальной ишемии миокарда; подъем сегмента ST, указывающий на трансмуральную ишемию миокарда; подъем сегмента ST в зоне рубца после Q-инфаркта, связанный с асинергией миокарда левого желудочка.

У больных со стенокардией напряжения при возникновении субэндокардиальной ишемии миокарда происходит снижение сегмента ST медленно-восходящего, горизонтального или косонисходящего типа (рис. 5.1-5.4). Глубина депрессии увеличивается с нарастанием ишемии.

При нарастании ишемии медленно-восходящая депрессия может переходить в горизонтальную, а затем в косонисходящую. После прекращения нагрузки эти изменения в течение нескольких минут исчезают и ЭКГ становится нормальной, но сразу после прекращения нагрузки горизонтальная депрессия сегмента ST может переходить в косонисходящую. Если изменения положения сегмента ST имеются уже в покое, то это должно учитываться при последующей оценке. При большом снижении этого сегмента в покое ценность нагрузочного теста по оценке изменения положения сегмента ST значительно снижается.

Для измерения депрессии сегмента ST в качестве изолинии используют отрезок PQ. Желательно иметь три последовательных

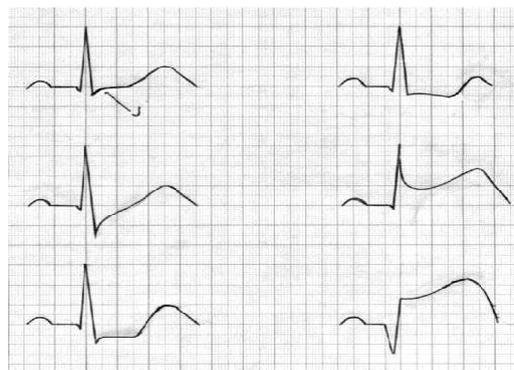


Рис. 1. Изменения сегмента ST при нагрузке. Объяснения в тексте

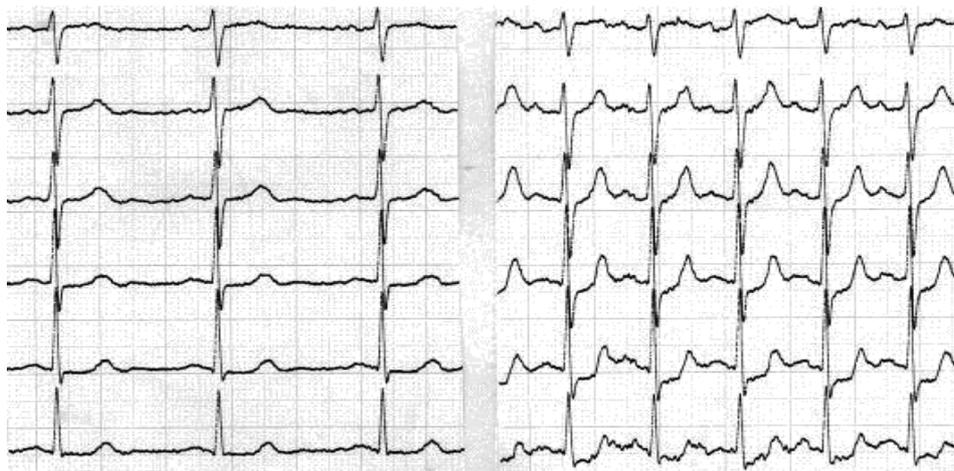


Рис. 2. ЭКГ в грудных отведениях в покое (слева) и при пороговой нагрузке (справа) у пациента с КБС. При нагрузке медленно восходящая депрессия сегмента ST (на 2 мм в точке ST60 в отведении V5), указывающая на ишемию миокарда

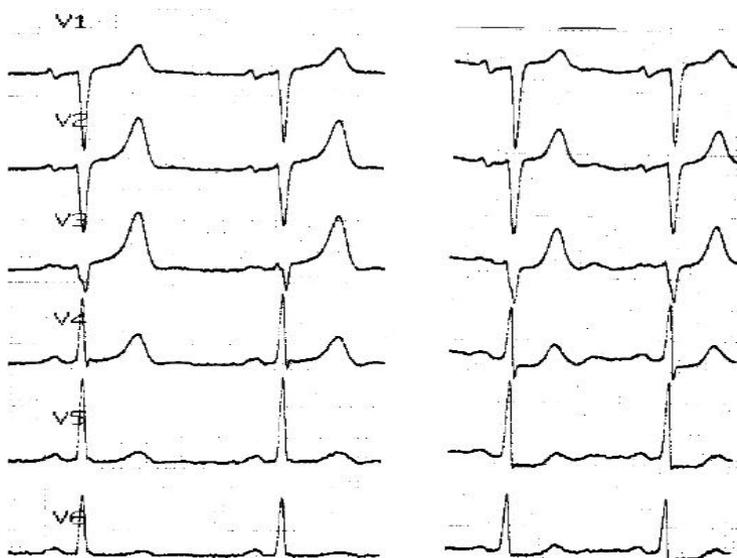


Рис. 3. ЭКГ в грудных отведениях в покое (слева) и при пороговой нагрузке (справа) у пациента с КБС. Справа депрессия ST горизонтального типа (на 1,8 мм в отведении V5), указывающая на ишемию миокарда.

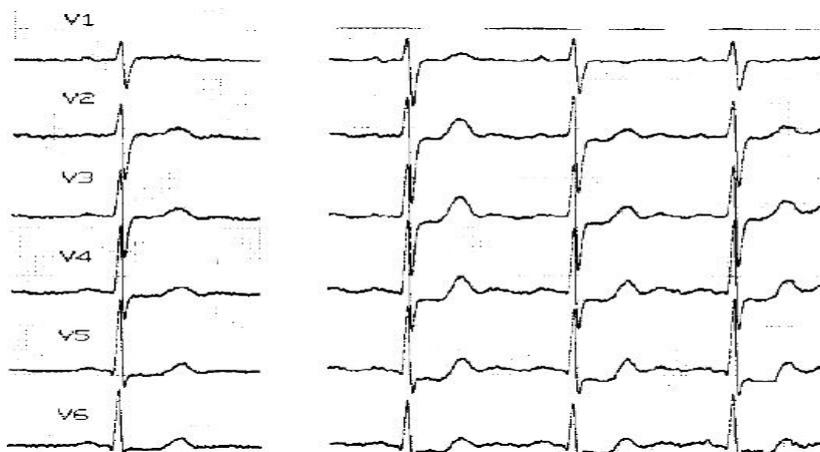


Рис. 4. ЭКГ в грудных отведениях в покое (слева) и при пороговой нагрузке (справа) у пациента с КБС. Справа - депрессия сегмента ST косонисходящего вида (на 1,6 мм в отведении V5), указывающая на ишемию миокарда комплекса ЭКГ с хорошей изолинией. Депрессия отрезка ST горизонтального или косонисходящего типа более чем

на 1 мм на расстоянии 80 миллисек от точки J (ST 80) считается нефизиологической и бывает при ишемии миокарда. При ЧСС, превышающей 130 в мин, для определения депрессии сегмента ST иногда используется точка ST 60 (в некоторых аппаратах ЭКГ всегда используется точка ST 60).

Точки ST 60 и ST 80 иногда обозначают буквой «i» (*ischemia*), а ее смещение от изолинии буквой «h» (*height*, вертикальное измерение).

Быстро поднимающаяся депрессия ST (менее чем на 1,5 мм в точке ST 80) при максимальной нагрузке считается нормальной реакцией. Медленно поднимающаяся депрессия на 1,5 мм или больше в точке ST 80 считается ненормальной реакцией и бывает у больных со стенозирующим атеросклеротическим поражением коронарных сосудов и у людей с высокой предстесовой вероятностью КБС. У людей с малой предстесовой вероятностью КБС определенная оценка таких изменений затруднительна.

Иногда в отведениях с патологическим зубцом Q (после перенесенного ИМ) или без такого Q наблюдается подъем сегмента ST. В первом случае он трактуется как показатель дисфункции миокарда (акинезия, дискинезия) в зоне бывшего ИМ, обычно у больных со сниженной ФВ и плохим прогнозом. Подъем ST в отведениях без патологического Q расценивается как показатель выраженной трансмуральной ишемии миокарда (рис. 5.5).

Изменения сегмента ST при нагрузке у больных КБС не могут быть использованы для локализации ишемии и коронарного поражения.

Помимо коронарных выделяют также некоронарные причины снижения сегмента ST:

- гипертрофия ЛЖ (аортальный стеноз, артериальная гипертония);
- анемия;
- гипокалиемия;
- лечение сердечными гликозидами;
- гипервентиляция;
- пролапс митрального клапана;
- синдром WPW;
- нарушения внутрижелудочковой проводимости;
- выраженная объемная перегрузка (аортальная, митральная недостаточность);
- наджелудочковые тахикардии.

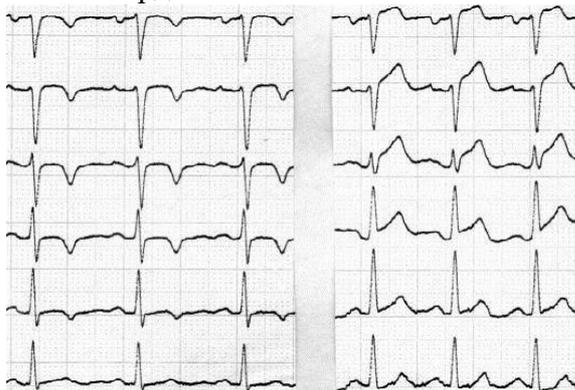


Рис. 5. ЭКГ в грудных отведениях V1-5 в покое (слева) и при пороговой нагрузке (справа) у пациента с ранней постинфарктной стенокардией. Нагрузочный тест выполнен через 3 нед после развития ИМ без зубца Q. При небольшой нагрузке (25 W) развилась стенокардия степени 3 с подъемом сегмента ST на 2,5-3,0 мм в грудных отведениях, что указывает на выраженную трансмуральную ишемию миокарда.

Изменения зубца T при нагрузке неспецифичны. Его форма, даже в покое и у здоровых людей, весьма вариабельна и зависит от многих факторов (положение тела, дыхание). При гипервентиляции часто наблюдается уплощение зубцов T или появление отрицательных. Если до нагрузки зубцы T отрицательные, то во время нагрузки они часто становятся положительными, и это не считается признаком болезни.

Желудочковая экстрасистолия, в том числе групповая, или желудочковые «пробежки» встречаются при нагрузке у здоровых людей. С другой стороны, как у здоровых людей, так и у больных КБС желудочковая экстрасистолия может исчезать при нагрузке. Поэтому она не имеет существенного диагностического значения. У больных, перенесших ИМ, групповые желудочковые экстрасистолы или периоды желудочковой пароксизмальной тахикардии во время нагрузки более характерны для больных с высоким риском внезапной смерти.

Суправентрикулярная экстрасистолия при нагрузке наблюдается как у здоровых людей, так и у пациентов с заболеваниями сердца. Для диагностики КБС ее появление во время теста не имеет значения.

При нагрузке может возникнуть, хотя и редко, блокада левой или правой ножек пучка Гиса, которая не имеет самостоятельного диагностического или прогностического значения.

При ишемии миокарда на ЭКГ возникает депрессия сегмента ST (глубокая косовосходящая, горизонтальная, косонисходящая) или подъем (редко) сегмента ST (в отведениях без постинфарктного зубца Q)

ПРОВЕДЕНИЕ ПРОБЫ С ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ При исследовании кардиологических больных наиболее физиологичными и информативными являются пробы с физической нагрузкой на велоэргометре или бегущей дорожке (тредмил), но может быть использован и 6-минутный тест с ходьбой. Название «тредмил» происходит от английского глагола «*to tread*» - шагать, опускать ногу и существительного «*mill*» - мельница. В средние века арестантов заставляли приводить в движение механизм мельницы, наступая на ступени большого колеса.

К недостаткам велоэргометрии относят трудности обучения пожилых женщин, а также большое повышение АД по сравнению с ходьбой на тредмиле. Но велоэргометр занимает меньше места, производит меньше шума и стоит дешевле. Устройство наподобие велоэргометра может быть приспособлено и для работы руками.

Перед нагрузкой записывают ЭКГ в 12-ти отведениях в положении лежа и сидя, измеряют АД. Большинство нагрузочных проб проводят в виде непрерывной ступенчато-возрастающей нагрузки. Длительность каждого уровня нагрузки 1-5 мин. Желательно, чтобы общее время исследования не превышало 15 мин, так как в противном случае большинство пациентов не сможет продолжать работу из-за общей усталости и слабости в ногах.

Проба начинается с разминки в течение 1-2 мин, затем следует нагрузочный период, во время которого нагрузка постепенно или прерывисто (ступенеобразно) повышается.

В конце каждой ступени нагрузки записывается ЭКГ и измеряется АД. Нагрузка дозируется либо в ваттах (W), либо в килопондметрах в мин, $1W = 6$ килопондметров/мин.

Приведем несколько протоколов велоэргометрии, которые могут отличаться от применяемых в других странах и центрах:

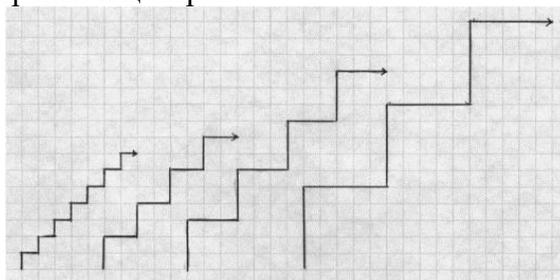


Рис. 6. Протоколы нагрузочных проб

1. Нагрузка начинается с 10 ватт в течение 1 мин и повышается на 10 ватт каждую минуту.
2. Нагрузка начинается с 20 ватт в течение 2 мин и повышается на 20 ватт каждые 2 мин.
3. Нагрузка начинается с 30 ватт в течение 3 мин и повышается на 30 ватт каждые 3 мин.
4. Нагрузка начинается с 25 или 50 ватт в течение 5 мин и повышается на 25-50 ватт каждые 5 мин («скандинавский» протокол).

Пороговая мощность выполненной нагрузки высчитывается по формуле:

Мощность = $A + [(B - A)/T]t$, где А - мощность последней полностью выполненной ступени нагрузки; В -

мощность той ступени нагрузки, на которой проба была прекращена; Т - длительность каждой ступени нагрузки (мин) по протоколу; t - длительность выполнения нагрузки (мин) на последней ступени.

Если испытуемый полностью выполнил очередную ступень нагрузки, но дальше не продвинулся - это и будет его пороговая мощность. Например, если обследуемый полностью выполнил ступени нагрузки 50 и 100 ватт по 5 мин каждую ступень и тест был прекращен, то его пороговая мощность - 100 ватт.

Если после выполнения нагрузки мощностью 100 ватт обследуемый выполнил следующую нагрузку мощностью 150 ватт в течение 1 мин, его пороговая мощность 110 ватт, 2-х мин - 120 ватт, 3-х мин - 130 ватт, 4-х мин - 140 ватт и 5 мин - 150 ватт и т.д.

Или с другим протоколом. Например, обследуемый выполнил последовательно 3-х мин ступени нагрузки мощностью 60 и 90 ватт, т.е. его пороговая мощность 90 ватт, если была следующая ступень нагрузки мощностью 120 ватт и он выполнил ее в течение 1 мин, то его пороговая мощность 100 ватт, 2-х мин - 110 ватт, 3-х мин - 120 ватт и т.д.

Нагрузка на велоэргометре выполняется до тех пор, пока не появятся субъективные или объективные признаки нецелесообразности или невозможности ее продолжения, которые получили название критериев прекращения нагрузки (табл. 5.3).

После прекращения пробы записывают/или наблюдают на мониторе ЭКГ в течение 5 мин или до полной ее нормализации.

Оценка результатов исследования Тест положительный

Такое заключение основывается только на ишемических изменениях сегмента ST, которые включают:

- горизонтальную или косонисходящую депрессию сегмента ST (ST 80) на 1 мм или более;
- медленно-восходящую депрессию сегмента ST (ST 80) на 1,5 мм или больше;
- подъем сегмента ST (ST 60) на 1 мм или больше в отведениях без постинфарктного зубца Q.

Критерии прекращения нагрузки*

Субъективные Стенокардия, степень 3 по 5-балльной шкале:

1 - очень легкая

2 - легкая

3 - довольно сильная

4 - сильная

5 - нетерпимая Усталость Выраженная одышка (относительное показание) Боль в ногах, суставах

Головокружение Бледность

или цианоз

Нежелание испытуемого продолжать нагрузку *Объективные* Изменения ЭКГ -

Депрессия сегмента ST на 2 или более мм от исходного через 80 миллисек от точки J (ST 80) горизонтального или нисходящего типа (относительное показание)

- Подъем сегмента ST более 2 мм в отведениях с зубцом Q или более 1 мм в отведениях без патологического зубца Q (ST 60)
- Появление пароксизмальных нарушений ритма сердца
- Увеличивающаяся частота желудочковых экстрасистол, особенно полиморфных, групповых (относительное показание)
- Суправентрикулярная тахикардия (относительное показание)
- Появление новых нарушений проводимости, брадиаритмии (относительное показание)
- Субмаксимальная ЧСС (составляет приблизительно 85% от максимальной, ориентировочно равна 200 - возраст):
 - 20 лет - 180
 - 30 лет - 170
 - 40 лет - 160
 - 50 лет - 150
 - 60 лет и старше - 140-130
- Изменения АД
 - Подъем систолического АД более 220 мм рт.ст. или диастолического более 115 мм рт.ст. (относительное показание)
 - Снижение систолического АД более чем на 10 мм рт.ст., несмотря на увеличение нагрузки или отсутствие его увеличения на двух или более ступенях нагрузки (относительное показание)

Тест отрицательный

Такое заключение возможно при достижении пациентом субмаксимальной ЧСС без ишемических изменений на ЭКГ. В ряде клиник выделяют отрицательный тест с особенностями - при появлении во время исследования нарушений ритма и проводимости или при повышении АД выше нормальных показателей для соответствующего уровня нагрузки и т.д.

Тест сомнительный

Этот вариант заключения оправдан при появлении на ЭКГ депрессии ST 80 менее 1 мм и (или) болевых ощущений в груди.

Если тест прекращен по другим причинам - это отражается и в заключении. Например, тест прекращен из-за достижения систолического АД 230 мм рт.ст. или общей усталости и т.д.

Вторая часть заключения характеризует переносимость физической нагрузки. Для этого необходимо рассчитать пороговую мощность нагрузки (см. выше).

При выполнении тредмилметрии используют специальные таблицы, где по уровню нагрузки определяется мощность, аэробная способность (в единицах МЕТ), либо эти параметры выдаются компьютером автоматически, как и заключение по тесту.

Нормальная пороговая нагрузка для нетренированных мужчин 40-50 лет - 2 Вт/кг массы тела, для женщин - 1,5 Вт/кг массы тела.

Считается, что у мужчин со стенокардией функционального класса 1 пороговая нагрузка около 1,5 Вт/кг, при 2 классе 1-1,5 Вт/кг, при 3 классе 0,5-1 Вт/кг и 4 классе 0,5 Вт/кг массы тела. Это средние величины.

Тредмилметрия

Используются многоступенчатые протоколы (Нотона, Брюса и др.), длительность каждой ступени нагрузки 1-3 мин. Для повышения мощности нагрузки увеличивают скорость движения дорожки и угол ее подъема. Во время ходьбы по дорожке испытуемые могут держаться за поручни.

Кистевой жим

Форма статической нагрузки, которая вызывает большее повышение АД и меньшее увеличение ЧСС по сравнению с нагрузкой на

велозергометре или тредмиле. Повышение ЧСС часто бывает недостаточным для провокации ишемии миокарда. Сначала регистрируется максимальная сила сжатия на

ручном динамометре, затем испытуемый сжимает динамометр на 1/4-1/3 от максимальной силы и удерживает жим в течение 3-5 мин.

Показания и противопоказания к проведению нагрузочных тестов Наибольшее значение нагрузочные тесты имеют в диагностике, функциональной и прогностической оценке у больных КБС.

Показания к проведению нагрузочных тестов

- Диагностика КБС
- Установление функционального класса стенокардии, оценка эффективности различных вмешательств (лекарства, операции и др.)
- Оценка прогноза у кардиологических больных
- Выбор тренировочной нагрузки для физической реабилитации
- Определение реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку Поскольку при нагрузочных тестах возможно развитие осложнений, следует следить за состоянием пациента во время нагрузки (визуально, ЭКГ, АД) и не подвергать испытаниям больных с высоким риском осложнений.

Врач, рекомендуя нагрузочную пробу, должен объяснить цели исследования и возможную реакцию на нагрузку. Желательно получить информированное согласие пациента на проведение теста. Исследование проводит врач, владеющий кардиореанимацией. Кабинет для нагрузочных тестов оснащается дефибриллятором и другими средствами реанимации.

Перед диагностической пробой отменяют антиангинальные препараты (нитраты за 24 ч, антагонисты кальция и β -блокаторы за 48 ч до исследования). На изменение сегмента ST в покое и при нагрузке могут влиять сердечные гликозиды (желательно отменить их за 7 дней до теста), салуретики, трициклические антидепрессанты, соли лития. Последние препараты по возможности отменяют за 3-4 дня до пробы. Антиангинальные препараты не отменяют при определении их влияния на переносимость физической нагрузки у больных стенокардией.

Противопоказания для пробы с физической нагрузкой*

- Нестабильная стенокардия
- Острый ИМ (в течение первых дней)
- Опасные аритмии
- Декомпенсированная сердечная недостаточность
- Высокие степени сино-аурикулярной или предсердно-желудочковой блокады
- Острые миокардиты, перикардиты
- Неконтролируемая АГ
- Аневризма аорты
- Выраженный аортальный или субаортальный стеноз
- Острое системное заболевание
- Острый тромбофлебит
- Острое нарушение мозгового кровообращения

ЗНАЧЕНИЕ ТЕСТОВ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

Использование тестов с физической нагрузкой для диагностики КБС

При объяснении результатов нагрузочных тестов следует учитывать возможные ограничения, присущие этим методам, и усвоить ряд новых понятий, которые имеют отношение к любым методам исследования (табл. 5.6).

Проведенный в 1998 г. в Европе метаанализ результатов велоэргометрии в сопоставлении с коронарной ангиографией у 24 074 пациентов показал, что чувствительность в среднем возрасте составляет 68% (23-100%), а специфичность 77% (17-100%).

Чувствительность теста повышается с увеличением количества пораженных сосудов: от 25-71% при поражении одного сосуда до 81-86% (40-100%) при

многососудистом заболевании. Изменения сегмента ST при нагрузке более часто выявляются при атеросклеротических изменениях в передней ветви левой коронарной артерии.

Положительный нагрузочный тест может встречаться у людей с ангиографически нормальными коронарными сосудами, напри-

мер вследствие нарушения механизма коронарной вазодилатации (коронарный X-синдром), при гипертрофии ЛЖ, кардиомиопатиях. Помимо этого, появление «ишемических» изменений сегмента ST во время физической нагрузки возможно при лечении сердечными гликозидами, при гипокалиемии, анемии, пролапсе митрального клапана.

Основная терминология при оценке результатов тестов с физической нагрузкой

Истинно-положительный (ИП)	- ненормальный ответ на нагрузку при болезни
Ложно-положительный (ЛП)	- ненормальный ответ при отсутствии болезни
Истинно-отрицательный (ИО)	- нормальный ответ при отсутствии болезни
Ложно-отрицательный (ЛО)	- нормальный ответ в присутствии болезни
Чувствительность	- процент больных КБС с ненормальным ответом на физическую нагрузку = $\frac{\text{ИП}}{\text{ИП} + \text{ЛП}}$
Специфичность	- процент обследованных без КБС с нормальным ответом на физическую нагрузку = $\frac{\text{ИО}}{\text{ИО} + \text{ЛО}}$
Предсказуемая значимость (тест положительный)	- процент больных с ненормальным ответом, у которых есть КБС, = $\frac{\text{ИП}}{\text{ИП} + \text{ЛП}}$
Предсказуемая значимость (тест отрицательный)	- процент обследованных с нормальным ответом, у которых нет КБС, = $\frac{\text{ИО}}{\text{ИО} + \text{ЛО}}$

Ишемические изменения ЭКГ при нагрузке становятся более выраженными по мере развития многососудистого коронарного поражения у больных КБС и с увеличением уровня нагрузки, причем наиболее информативными являются отведения V4,6.

Признаки выраженного коронарного поражения при нагрузочной пробе

Раннее начало стенокардии

Отсутствие увеличения систолического АД по мере повышения уровня нагрузки или его снижение

Глубокая депрессия сегмента ST косонисходящего

типа, сохраняющаяся более 5 мин после нагрузки

Подъем сегмента ST при нагрузке

(в отведениях без патологического Q)

Прогностическое значение тестов с физической нагрузкой

Прогностическое значение нагрузочных тестов исследовалось у здоровых людей и у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Группы обследованных и особенности выполнения пробы с физической нагрузкой, характеризующие повышенный риск развития сердечно-сосудистых заболеваний и осложнений

Группа	Особенности, соотносимые с повышенным риском
Мужчины среднего или пожилого возраста с множественными факторами риска ИБС	Депрессия сегмента ST

Нестабильная стенокардия (перед выпиской из стационара)	Стенокардия, депрессия ST
КБС с безболевым ишемией миокарда	Депрессия сегмента ST
Стабильная стенокардия напряжения	Признаки распространенного коронарного поражения (см. табл. 5.7)
Хроническая сердечная недостаточность	Низкая аэробная способность

Использование тестов с дозированной физической нагрузкой для функциональной оценки сердечно-сосудистых больных

Прежде всего это больные КБС, хронической сердечной недостаточностью и с пороками сердца.

Наряду с другими методами исследования нагрузочные тесты используются для функциональной оценки больных с нарушениями ритма сердца и проверки действия антиаритмических препаратов. Так, у больных с пароксизмальной желудочковой тахикардией физическая нагрузка обычно провоцирует желудочковые нарушения ритма, в т.ч. и пароксизмы желудочковой тахикардии. У больных с синдромом слабости синусового узла нагрузочный тест демонстрирует недостаточное учащение пульса при нагрузке, хотя это не является правилом.

У больных со склонностью к АГ выявляется более значительное повышение АД при нагрузке.

У больных с пороками сердца проводится функциональная оценка до и после операции.

ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЫ

Дипиридамо́л

Используется для провокации ишемии миокарда и в основном во время исследования перфузии миокарда с таллием-201. Дипиридамо́л блокирует метаболизм аденозина. Аденозин образуется из АТФ, имеет короткий период полураспада (10 с) и обладает выраженным местным артериодилатирующим действием. Внутривенное введение дипиридамо́ла повышает концентрацию аденозина в миокарде, увеличивает коронарный кровоток, немного снижает систолическое АД и ускоряет ЧСС. В участках миокарда, которые снабжаются кровью через стенозированные артерии (85-90% стенозы), коронарное русло дистальнее стеноза максимально расширено уже в покое. В этих зонах отсутствует коронарный резерв. Введение дипиридамо́ла может привести к перераспределению коронарного кровотока в сторону менее стенозированных или здоровых артерий и «межкоронарному обкрадыванию», т.е. ишемии участков миокарда дистальнее стеноза. На появление ишемии указывают развитие стенокардии, изменения на ЭКГ.

Показания: невозможность проведения проб с физической нагрузкой (у лиц с заболеваниями суставов, сосудов нижних конечностей и т.д.) или прекращение пробы с физической нагрузкой до достижения критериев ее оценки, провокация ишемии миокарда при радионуклидных исследованиях.

Противопоказания такие же, как и к проведению проб с физической нагрузкой.

Дипиридамо́л вводят внутривенно из расчета 0,75 мг/кг массы тела (иногда используют дозу 0,84 мг/кг массы тела), на физиологическом растворе объемом 20 мл в течение 5 мин (4 мл/мин). Конечные точки и критерии оценки пробы с дипиридамо́лом аналогичны тесту с физической нагрузкой.

Дипиридамо́л, вызывая коронарную вазодилатацию, способствует увеличению кровотока в неизмененных сосудах и его уменьшению (обкрадывание) в стенозированных, что создает ишемию в зоне их кровоснабжения.

Побочные явления при приеме дипиридамо́ла: головная боль, тошнота, слабость.

Дипиридамовая проба провоцирует ишемию миокарда преимущественно при выраженном стенозировании коронарных артерий и имеет низкую чувствительность (20-30%).

Инфузию дипиридамола часто производят до введения радиотрейсера при скинтиграфии миокарда.

Иногда дипиридамовую пробу комбинируют с нагрузочным тестом небольшой мощности.

Добутамин

Добутамин - синтетический катехоламин короткого действия, при внутривенном введении которого возрастает ЧСС, АД, сократимость миокарда и вследствие этого - миокардиальная потребность в кислороде. Возникновение ишемии распознается с помощью скинтиграфии миокарда с таллием-201 или стресс-ЭхоКГ. Во время последней наблюдают за изменениями локальной сократимости, которая нарушается при развитии ишемии миокарда.

Проба с добутином используется с диагностической целью у больных, которые не могут выполнять пробу с дозированной физической нагрузкой или в случае не информативности такой пробы.

Инфузию добутамина начинают с малой дозы 0,005 мг/кг/мин с медленным повышением до 0,020-0,04 мг/(кг-мин). Во время введения могут появляться побочные явления, в т.ч. и опасные: желудочковые нарушения ритма, включая тахикардию и фибрилляцию, гипотензию, головную боль, покраснение лица.

Добутамин, увеличивая силу сокращений миокарда, повышает его потребность в кислороде, что вызывает у больных КБС ишемию в зонах ответственности и развитие асинергии миокарда, которая оценивается с помощью ЭхоКГ.