

Общество с ограниченной ответственностью
«БИОСИГНАЛ»

ПРОВЕДЕНИЕ ПРОБЫ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ
с использованием пакета программ «КардиоКит»

Методические рекомендации

Санкт-Петербург
2003 год

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МЕДИЦИНСКАЯ МЕТОДИКА ПРОБЫ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ	4
1.1. ПОКАЗАНИЯ И ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ПРОБЫ	4
1.2. УСЛОВИЯ И СЦЕНАРИИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОБЫ	6
1.3. КРИТЕРИИ ПРЕКРАЩЕНИЯ ПРОБЫ	9
1.4. АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОБЫ	11
1.5. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ	14
2. ПРОВЕДЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ ПРОБЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА «КАРДИОКИТ»	20
2.1. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПРОБЫ	20
2.2. ПРОВЕДЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ ПРОБЫ	21
2.3. ПРОСМОТР И ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЦЕДУРЫ	22
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	24

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий документ является методическим пособием по применению пакета программ «КардиоКит» для проведения проб с физической нагрузкой в кабинетах функциональной диагностики. Пакет «КардиоКит» рассчитан на использование в специализированном комплексе, включающем персональный компьютер, подключенное к нему устройство съема ЭКГ, измеритель артериального давления, а также велоэргометр или беговую дорожку (тредмил).

Первая часть документа содержит медицинскую методику проведения нагрузочного теста, принятую в медицинских учреждениях Российской Федерации, вторая часть – инструкции и рекомендации оператору. В конце документа приводится список дополнительной литературы по медицинским аспектам проведения пробы с физической нагрузкой. Подробная информация по установке, запуску и использованию компьютерного комплекса, а также по работе оператора со специализированным программным обеспечением содержится в эксплуатационной документации, поставляемой вместе с комплексом.

Пакет программ «КардиоКит» разработан специалистами Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета и ООО «Биосигнал».

По всем вопросам, связанным с приобретением и эксплуатацией пакета «КардиоКит», обращайтесь в ООО «Биосигнал» по адресу: 197198, Санкт-Петербург, а/я 568, тел: (812) 325-25-27, факс: (812) 346-27-58.

1. МЕДИЦИНСКАЯ МЕТОДИКА ПРОБЫ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

Показания и противопоказания к проведению пробы

Показаниями к проведению пробы с физической нагрузкой считаются следующие факторы:

1. Диагностика ишемической болезни сердца.
2. Дифференциальная диагностика болевого синдрома.
3. Определение функционального класса стенокардии.
4. Выявление безболевого ишемии миокарда.
5. Дифференциальная диагностика фиксированной и динамической коронарной обструкции.
6. Выявление скрытой сердечной недостаточности.
7. Оценка величины коронарного резерва.
8. Выявление и дифференциальная диагностика нарушений сердечного ритма и проводимости, в том числе транзисторных.
9. Определение толерантности к физической нагрузке у людей с ишемической болезнью сердца и без нее (по ОВР при достижении намеченной ЧСС).
10. Отбор пациентов для инвазивного обследования.
11. Оценка эффективности медикаментозного или хирургического лечения ИБС и реабилитационных мероприятий.
12. Изучение влияния различных фармакологических препаратов на переносимость нагрузок и дифференцированный подбор терапии.
13. Прогнозирование течения заболевания.
14. Выбор режима физической реабилитации больных, в том числе перенесенного инфаркта миокарда.
15. Оценка эффективности антиаритмической терапии.
16. Оценка физической работоспособности и характера адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам у здоровых лиц, спортсменов и призывников.

Различают две группы противопоказаний к проведению пробы с физической нагрузкой: абсолютные и относительные.

Абсолютные противопоказания:

1. Активный миокардит, острый перикардит, септический эндокардит.
2. Выраженный аортальный стеноз (градиент давления 50 мм рт.ст.).

3. ГКМП с обструкцией.
4. Аневризмы и тромбы сосудов.
5. Некомпенсированная недостаточность кровообращения более IIБ стадии.
6. Нестабильная стенокардия высокого риска.
7. Острый инфаркт миокарда (до 2-х недель).
8. Изменения ЭКГ в покое.
9. Отчетливая отрицательная динамика ЭКГ (инверсия положительных зубцов Т, углубление отрицательных зубцов Т более чем на 2 мм, депрессия сегмента ST до 1 мм и более, появление атриовентрикулярных и внутрижелудочковых нарушений проводимости).
10. Прединсультное состояние.
11. Неконтролируемые нарушения ритма и проводимости: частая (более 1:10), групповая, политопная экстрасистолия; пароксизмальная тахикардия; атриовентрикулярная блокада II–III степени; тахисистолическая форма фибрилляции предсердий; остро возникающая внутрижелудочковая блокада.
12. Выраженная дыхательная недостаточность.
13. Недавняя системная или легочная эмболия.
14. Острая стадия любого заболевания.

Относительные противопоказания:

1. Возраст старше 74 лет (целесообразность проведения пробы у лиц пожилого возраста решается индивидуально).
2. Выраженная артериальная гипертензия (систолическое артериальное давление (АД) выше 200 мм рт. ст., диастолическое АД выше 110 мм рт. ст.).
3. Дилатационная кардиомиопатия без сердечной недостаточности и ГКМП без обструкции.
4. Умеренно выраженный гемодинамически незначимый митральный или аортальный стеноз и другие стенозы, недостаточность аортальных клапанов.
5. Гипертонические кризы или указания на нарушение мозгового кровообращения в прошлом (менее года назад).
6. Тахикардия неясного происхождения (частота сердечных сокращений (ЧСС) более 100 уд/мин).
7. Аневризма сердца в стадии устойчивой компенсации.
8. Нарушения ритма (ранние желудочковые экстрасистолы, парасистолия, трепетание и мерцание предсердий).
9. Атриовентрикулярная блокада I степени.

10. Артрозоартриты.
11. Перемежающая хромота.
12. Выраженное варикозное расширение вен нижних конечностей.
13. Выраженные нарушения обмена (ожирение III стадии, тяжелый сахарный диабет, тиреотоксикоз, микседема).
14. Психозы или выраженные неврозы.
15. Выраженная анемия.
16. Патология легких, сопровождающихся умеренной легочной недостаточности.
17. Наличие выраженных признаков почечной или печеночной недостаточности.
18. Наличие имплантированного водителя ритма с фиксированной частотой.
19. Нарушения речи, затрудняющие контакт с пациентом.
20. Лихорадочные состояния.

Условия и сценарии проведения пробы

ЭКГ - тест с дозированной физической нагрузкой следует проводить при температуре 18-20°C в кабинете достаточно оснащенном аппаратурой, предназначенной для сердечно-легочной реанимации, и под руководством опытного врача, которому известен клинический статус больного и показания для проведения такого теста.

Во время пробы необходимо иметь возможность постоянного визуального наблюдения электрокардиограммы. Для контроля переносимости физических нагрузок регулярно определяют частоту сердечных сокращений, величину АД, следят за внешним видом и самочувствием пациента.

ЭКГ обычно записывают в покое, до, во время и после нагрузки в 12 общепринятых отведениях. В большинстве случаев ЭКГ регистрируют в модифицированных стандартных и усиленных отведениях от конечностей и в 6 грудных отведениях (электроды от конечностей устанавливают на спину: с правой и левой руки - соответственно в область правой и левой лопатки, с правой и левой ноги - в поясничную область, соответственно справа и слева). В ряде исследований при проведении нагрузочной пробы используют отведения по Небу: D, A, I.

Велоэргометрическую пробу, как правило, проводят в положении пациента сидя с частотой вращения педалей 40-80 оборотов в минуту (обычно 60 оборотов). В процессе мышечной работы ЭКГ регистрируют на всех ступенях нагрузки в конце каждой минуты пробы, непосредственно после ее окончания, а также в восстановительном периоде на 2-й, 3-й, 5-й, 10-й минуте отдыха, а в случае необходимости - чаще (ежеминутно) и в более поздние сроки. Каждую минуту нагрузки и в восстановительном периоде измеряют АД.

У здоровых людей, а также у больных с ишемической болезнью сердца (ИБС), максимальная ЧСС, достигаемая при нагрузке, уменьшается с возрастом. Можно говорить о достижении предельно допустимой мощности нагрузки, если у обследуемого наблюдается максимальная ЧСС, которая ориентировочно определяется вычитанием из 220 возраста больного.

Величину даваемой нагрузки определяют в килограммометрах в минуту или в ваттах (1 Вт соответствует 6 (кг*м/мин)). Значительно чаще пользуются субмаксимальной нагрузкой, которая составляет 70-85% от максимальной. Величину этой нагрузки также определяют по ЧСС. При достижении субмаксимальной нагрузки ЧСС должна составлять 70-85% от максимальной, соответствующей данному возрасту.

При велоэргометрии можно использовать постоянную величину нагрузки (Рис. 1, а), которая не меняется на протяжении всего обследования. Этот уровень нагрузки может быть одинаковым для всех исследуемых или меняться в зависимости от возраста, пола, состояния здоровья и физической тренированности больных.

Другой метод - это серия ступенеобразно возрастающих нагрузок повышенной мощности. Нагрузки нарастающей мощности дают с короткими периодами отдыха (Рис. 1, б) Начальная нагрузка при этом составляет 15-30 Вт у женщин и 30-60 Вт - у мужчин. Нагрузка дается в течение 5 мин (продолжительность пробы связана с тем, что к 3-4 мин достигается стабилизация основных показателей). После 5-10 мин отдыха переходят к более мощной нагрузке. Она может быть увеличена вдвое по сравнению с предыдущим этапом. В других случаях сначала нагрузка увеличивается вдвое, а затем на каждом последующем этапе увеличения мощности нагрузки - соответствует ее исходному уровню.

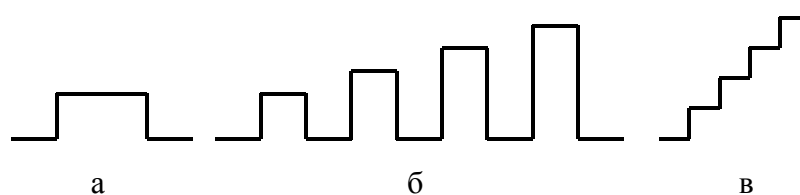


Рис. 1 Типы физических нагрузок на велоэргометре: а - постоянная нагрузка, б - ступенеобразно возрастающая с короткими периодами отдыха; в - непрерывная ступенеобразно возрастающая.

Другим вариантом является непрерывная или почти непрерывная серия возрастающих нагрузок (Рис. 1, в). При этом варианте обследуемый выполняет нагрузку, которая увеличивается непрерывно ступенеобразно без отдыха. Начальная нагрузка обычно составляет 25-30 Вт. В последующем происходит ступенеобразное увеличение мощности нагрузки на 100% каждые 2-3 мин без перерыва до достижения максимальной или субмаксимальной ЧСС, что свидетельствует о достижении максимальной или значительно

чаще субмаксимальной нагрузки (при отсутствии болей в области сердца и ишемических сдвигов на ЭКГ).

Нагрузка обычно последовательно увеличивается до достижения максимальной или, как правило, субмаксимальной ЧСС (70-85% максимальной).

Обычно при проведении пробы с физической нагрузкой оценивают максимальную или субмаксимальную способность здоровых и больных. О величине нагрузки судят в основном по ЧСС, АД, потреблению кислорода, ЭКГ и т.д. При максимальной нагрузке происходит максимальное потребление кислорода. Однако пробу с максимальной нагрузкой применяют только у здоровых людей или (чаще) у спортсменов; у пациентов с заболеваниями сердца ее проводить нельзя.

Обычно при проведении нагрузочного теста используют следующий алгоритм выполнения непрерывно ступенчато возрастающей физической нагрузки:

I ступень - 25 Вт;

II ступень - 50 Вт;

III ступень - 75 Вт;

IV ступень - 100 Вт;

V ступень - 125 Вт;

VI ступень - 150 Вт;

VII ступень - 175 Вт и т.д.

Продолжительность каждой ступени нагрузки 3 мин.

Тест с физической нагрузкой необходимо прекратить при достижении субмаксимальной ЧСС (при потреблении кислорода во время физической нагрузки равно 75%), либо при возникновении признаков и симптомов, являющихся показанием для прекращения пробы.

Такая программа нагрузок может быть признана рациональной лишь при обследовании особо тяжелого контингента больных или больных, недавно перенесших инфаркт миокарда, начинающих реабилитацию.

В подавляющем большинстве других случаев, если обследуемый находится на свободном режиме, то нагрузку на велоэргометре лучше начинать с 75 Вт на I ступени, увеличивая мощность нагрузки до 100 Вт на II, до 150 Вт на III, 175 Вт на IV и 200 Вт на V ступени.

При проведении нагрузки на бегущей дорожке – тредмиле рекомендуется следующая схема нагрузки:

Степень	Скорость, км/час	Угол подъема, %
1/2	2,7	5
I	2,7	10
II	4,0	12
III	5,5	14
IV	6,8	16
V	8,0	18
VI	8,9	20

Продолжительность каждой ступени 3 мин.

Тредмил-тест более равномерно распределяет нагрузку на всю массу мышц, поэтому ориентиром для нагрузки субмаксимальной мощности может служить 90% от максимальной ЧСС.

Критерии прекращения пробы

Если достигнута намеченная ЧСС, то пробу заканчивают к моменту истечения текущей минуты (при отсутствии показаний к немедленному прекращению физической нагрузки), или если ЧСС превышает намеченную величину на 8 ударов и более. Намеченная ЧСС для больных, перенесших инфаркт миокарда, должна соответствовать 75% от максимальной аэробной активности, а для всех остальных 85%.

Показания к прекращению пробы подразделяются на клинические и электрокардиографические.

Клинические показатели:

1. Развитие типичного приступа стенокардии средней интенсивности, независимо от наличия изменений ЭКГ.
2. Возникновение приступа удушья, выраженной одышки, чувства нехватки воздуха.
3. Появление резкой слабости, бледности, цианоза кожных покровов, холодного пота.
4. Появление симптоматики со стороны ЦНС (дурнота, атаксия, головокружение, тошнота, спутанность сознания, сильная головная боль, предобморочное состояние).
5. Гипертензия - повышение артериального давления систолического до 230 мм рт.ст. и диастолического – до 130 мм рт.ст.
6. Снижение ЧСС.
7. Снижение АД в процессе нагрузки на 10 мм рт.ст. и более от исходного уровня, несмотря на увеличение нагрузки, несмотря на отсутствие других признаков

ишемии, а также отсутствие повышения АДс в течение двух последовательных ступеней нагрузки.

8. Отказ больного от дальнейшего проведения пробы (вследствие усталости, боязни возникновения приступа, ощущения дискомфорта, болей в икроножных мышцах).
9. Трудности выполнения нагрузки со стороны обследуемого – нарушения движений в суставах или иные ортопедические препятствия.

Врач или больной могут прекратить выполнение пробы в любое время по своему усмотрению.

Электрокардиографические показатели:

1. Достижение намеченной субмаксимальной ЧСС.
2. Горизонтальная, корытообразная или косонисходящая депрессия сегмента ST более чем на 150-200 мкВ (1,5-2 мм) от исходного уровня (или от изоэлектрической линии, если имелась исходная элевация сегмента ST).
3. Горизонтальная элевация сегмента ST на 150-200 мкВ (1,5-2 мм) или косовосходящая - более 200 мкВ. Появление элевации сегмента ST в новых отведениях.
4. Появление сложных или опасных желудочковых экстрасистол (полиморфных или R/T), политопная, частая (более 10% от общего числа комплексов), парная или групповая желудочковая экстрасистолия, пароксизмальная желудочковая тахикардия.
5. Появление пароксизмальной суправентрикулярной тахикардии, мерцательной аритмии и других нарушений возбудимости миокарда.
6. Появление новой инверсии T, новых зубцов Q, инверсия волны U.
7. Возникновение А-В блокады высокой степени, любой другой внутрисердечной блокады или значительное отклонение электрической оси сердца.
8. Развитие блокады ножек Гиса или нарушений внутрижелудочкового проведения, при невозможности отличить их от желудочковой тахикардии (относительное показание к прекращению пробы).

У больных, получающих бета-блокаторы, критерии прекращения пробы аналогичны, однако ЧСС при отсутствии клинических или электрокардиографических критериев не следует доводить свыше 110-120 в минуту, а систолическое АД не выше 190 мм рт. ст.

Анализ электрокардиографических изменений при проведении пробы

При анализе электрокардиограмм, записанных во время выполнения физических нагрузок, амплитуда и длительность отдельных зубцов, определяются на основе тех же принципов, что и при обработке ЭКГ в состоянии покоя. Некоторые особенности измерения ЭКГ касаются пациентов, ЧСС у которых в процессе проведения пробы достигала 160-170 ударов в минуту и более, когда зубец Т накладывается на последующий предсердный зубец Р. В этих случаях для более точного определения длительности электрической систолы необходимо продолжить нисходящее колено зубца Т до пересечения с изоэлектрической линией (Рис. 2). Точку пересечения этих двух линий считают моментом окончания зубца Т. За изоэлектрическую линию при этом принимают линию, проводимую между точками начала желудочкового комплекса.

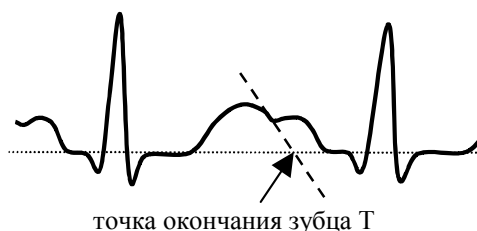


Рис. 2 Схема определения окончания волны Т на ЭКГ при выраженной тахикардии

Изменения сегмента ST во время пробы с физической нагрузкой являются наиболее информативными для диагностики ИБС и других патологических состояний сердечно-сосудистой системы. Сегмент ST начинается в точке пересечения восходящего колена зубца S с сегментом ST, которая называется точкой сочленения, или, точкой j (junction). В случае отсутствия зубца S точка j находится на пересечении нисходящего колена зубца R с началом сегмента ST. 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 относительно исходного состояния. 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. О возможной патологической динамике этого сегмента можно говорить только в случае, если точка j

сместилась относительно исходного состояния не менее чем на 0,1 мВ (т.е. не менее чем на 1 мм).

Направление смещения сегмента ST относительно уровня изоэлектрической линии может быть разной формы и направления, что имеет определенное диагностическое значение (Рис. 3):

- *горизонтальная депрессия* – признак коронарной недостаточности;
- *косонисходящая депрессия* – встречается при гипертрофии желудочков, блокаде ножек Гиса и ишемии миокарда;
- *корытообразное смещение* – признак состояния сердца, идентичного влиянию на него сердечного гликозида;
- *косовосходящая депрессия* – может быть нормой и чаще наблюдается при тахикардии;
- *подъем ST-сегмента* – может быть разной формы: вогнутый и переходящий в высокий, направленный вверх Т-зубец, что может быть нормой или признаком ишемии миокарда; выгнутый и переходящий в инвертированный Т-зубец (или при отсутствии последнего), что встречается при инфаркте миокарда, ишемии, перикардитах и миокардитах, аневризме и гипертрофии желудочков.

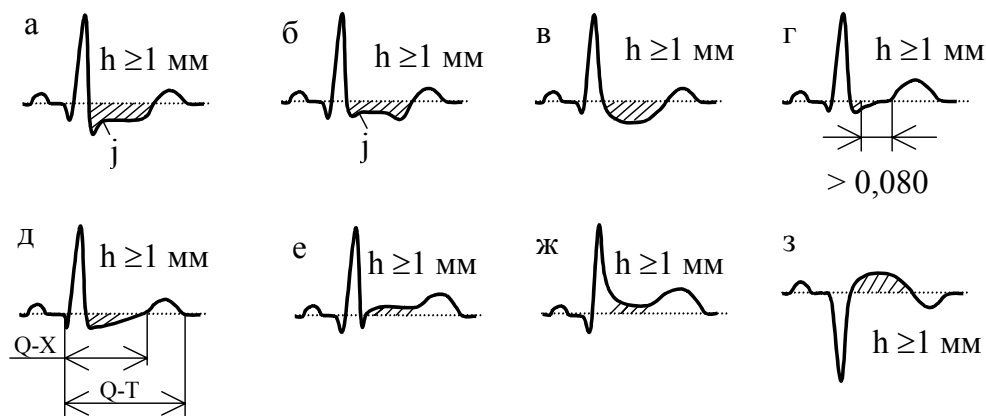


Рис. 3 Типы патологических изменений ЭКГ при проведении функционального нагрузочного теста: а – строго горизонтальное снижение $\geq 0,1$ мВ; б – косонисходящее снижение со смещением точки j $\geq 0,1$ мВ; в - провисание ST-сегмента – «дно» ниже 0,1 мВ; г, д – косовосходящее смещение; е – горизонтальный подъем $\geq 0,1$ мВ; ж – выпуклый подъем – «дно» 0,1 мВ; з – вогнутый подъем – «вершина» выше 0,1 мВ.

Большое значение придается еще одной точке на сегменте ST. Она отстает от точки j на 0,08 с (по данным некоторых авторов, на 0,06 с). Иногда эту точку называют точкой ишемии и обозначают буквой i (ischemia). Именно динамические сдвиги точки i относительно изоэлектрической линии в процессе проведения функциональных и нагрузочных проб позволяют судить об ишемическом или ином характере смещения сегмента ST.

Высота h (расстояние от изоэлектрической линии до точки i) - главнейший результирующий показатель функциональной пробы. При его значениях равных 1 мм и более вероятность ишемии миокарда наибольшая.

Таким образом, этот показатель по значимости практически превосходит все остальные электрокардиографические критерии, характеризующие все функциональные и нагрузочные пробы.

Методика анализа динамики сегмента ST показаны на Рис. 4.

К смещениям, имеющим диагностическое значение, относится горизонтальное смещение сегмента ST вниз на 1 мм или более от изоэлектрической линии (см. Рис. 4, а). При этом расстояния от изоэлектрической линии до точек j и i равны и составляют 1 мм или более.

При косонисходящем смещении сегмента ST вниз точка j смещена от изоэлектрической линии на 1 мм и более, а смещение точки i превышает смещение точки j . На Рис. 4, б приведены примеры косонисходящего смещения сегмента ST. 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 смещение дна сегмента, равное 1 мм и более (Рис. 4, в).

К смещениям, имеющим диагностическое значение, относится горизонтальное смещение сегмента ST вниз на 1 мм или более от изоэлектрической линии. При этом расстояния от изоэлектрической линии до точек j и i равны и составляют 1 мм или более (Рис. 4, а и Рис. 5, а).

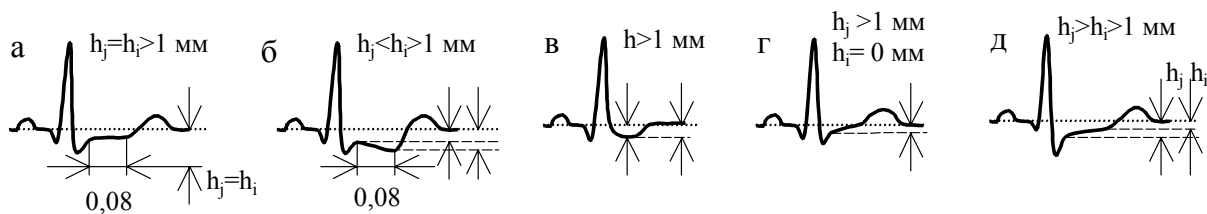


Рис. 4 Определение точки смещения (j) и точки ишемии (i) при различных видах смещения сегмента ST при проведении функциональных проб

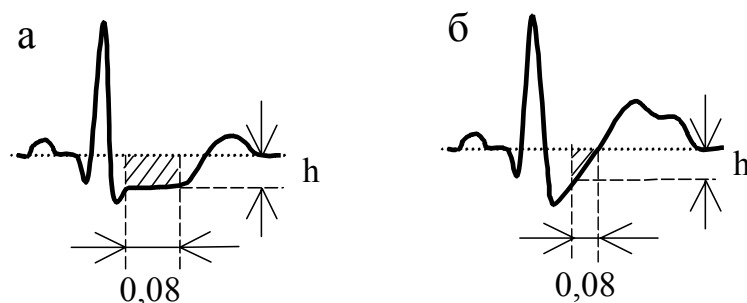


Рис. 5 Интервал S-T при различных видах снижения сегмента ST во время функциональных проб: а - при ишемическом (горизонтальном) снижении; б - при быстросходящем (неишемическом) снижении

Более сложной 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 даже h_i равна нулю (Рис. 4, г и Рис. 5, б). В отличие от быстрого косовосходящего снижения сегмента ST, различают медленное косовосходящее его смещение. 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 (Рис. 4, д).

Оценка результатов и протокол исследования

При оценке пробы с физической нагрузкой пользуются следующими основными формами заключения:

- проба положительная;
- проба отрицательная;
- проба сомнительная;

- проба незавершенная.

Критерии положительной пробы:

1. Развитие типичного приступа стенокардии.
2. Появление тяжелой одышки или удушья.
3. Снижение артериального давления на 25-30% от исходного уровня.
4. Снижение сегмента ST по «ишемическому типу» (на 1 мм и более).
5. Подъем сегмента ST (более чем на 1 мм). Различные изменения сегмента ST при физической нагрузке представлены на Рис. 3 и 4.
6. Инверсия зубца U, связанная с ишемией папиллярных мышц.
7. Сложные нарушения сердечного ритма и проводимости (пароксизмы наджелудочковой или желудочковой тахикардии, предсердная экстрасистолия у больных после аортокоронарного шунтирования, пробежки политопной и полиморфной желудочковой экстрасистолии, ранние экстрасистолы, развитие атриовентрикулярных или внутрижелудочковых нарушений проводимости).

Критерии отрицательной пробы:

Проба считается отрицательной в том случае, если у обследуемого достигается субмаксимальная частота сердечных сокращений без подтвержденных клинически и электрокардиографически признаков ишемии миокарда.

Отрицательные результаты пробы не исключают наличия ИБС, но свидетельствуют об отсутствии выраженного поражения коронарных артерий и хорошем коронарном резерве.

Критерии сомнительной пробы:

1. Проба считается сомнительной, если при ее выполнении у больного развился атипичный болевой синдром в грудной клетке и при этом не было признаков ишемии миокарда на ЭКГ.
2. Наблюдается горизонтальное снижение сегмента ST на 0,5 мм, медленно восходящее снижение сегмента ST до 1 мм.

Незавершенная проба:

Проба с недостигнутой субмаксимальной ЧСС вследствие отказа больного от дальнейшего выполнения нагрузки, из-за болей в икроножных мышцах, утомляемости или других причин, при этом отсутствуют клинические или электрокардиографические признаки ишемии миокарда.

По окончании нагрузочной пробы формируется протокол исследования. Он должен содержать сведения о том, были ли жалобы перед началом исследования, какие медикаменты пациент принимал накануне, данные о величине нагрузки и продолжительности работы на каждом этапе.

На каждом уровне нагрузки регистрируются ЧСС и АД, рассчитывается показатель *двойное произведение* (ДП). Индекс двойного произведения косвенно характеризует миокардиальное потребление кислорода, тесно коррелирует с числом метаболических единиц (МЕ) и определяется по формуле:

$$\text{ДП} = (\text{АД}_{\text{сист}} * \text{ЧСС}) / 100.$$

Кроме того, в протоколе отражаются те клинические и электрокардиографические изменения, которые выявлялись на каждом этапе в ходе выполнения нагрузочной пробы.

По результатам пробы в клиническом заключении необходимо указать реакцию пациента на физическую нагрузку.

1. Физиологическая реакция - при достижении субмаксимального уровня ЧСС повышение АД адекватно уровню нагрузки (не выше 200/100 - 220/120 мм рт. ст.) без каких-либо неблагоприятных клинических и электрокардиографических изменений.

2. Промежуточная реакция

чаще коронарная - ишемические смещения сегмента ST менее 1 мм, инверсия положительных зубцов T или позитивация отрицательных T, появление редкой (менее 1:10) экстрасистолии.

3. Патологическая реакция

коронарная - развитие приступа стенокардии, ишемические смещения сегмента ST 1 мм и более, появление частой (более 1:10) экстрасистолии, появление или прогрессирование нарушений атриовентрикулярной и внутрижелудочковой проводимости, миграция водителя ритма по предсердиям, появление синдрома WPW;

гипертоническая - неадекватное повышение АД (более 200/100 - 220/120 мм рт. ст.), особенно на нагрузках средней и малой мощности;

миокардиальная - парадоксальное снижение АД (с возможным побледнением, цианозом, резким головокружением, коллапсом), появление резкой одышки или удушья;

смешанная - наличие различных типов патологических реакций.

В протоколе необходимо также дать оценку толерантности пациента к физической нагрузке. Как показывает клинический опыт, связь между выраженностью клинических проявлений коронарной недостаточности и индивидуальной толерантностью больных ИБС к физической нагрузке может отсутствовать. Тем не менее, базируясь на результатах нагрузочной пробы, можно говорить о низкой, средней и высокой толерантности пациентов к физической нагрузке (см. Таблица 1). За толерантность принимают мощность нагрузки последнего завершённого этапа пробы (в Вт или кг*м/мин). Не всегда уровень толерантности к нагрузке определяется состоянием коронарного кровоснабжения миокарда. Неблагоприятная реакция АД, появление нарушений ритма и проводимости, низкая

тренированность пациента, некоторые другие факторы определяют снижение физической работоспособности. Причины снижения толерантности также необходимо отразить в протоколе нагрузочной пробы.

Таблица 1

Оценка уровня толерантности к физической нагрузке в зависимости от пола, возраста, характера основного заболевания

Пол	Возраст	Диагноз	Толерантность, Вт		
			высокая	средняя	низкая
Мужчины	До 60 лет	Нет ИБС	≥ 125	≥ 75	< 75
		ИБС, в анамнезе инфаркта миокарда, давность более года	≥ 125	≥ 75	< 75
	После 60 лет	ИБС, инфаркт миокарда в данном календарном году	≥ 100	≥ 50	< 50
		ИБС (в том числе и перенесшие инфаркт миокарда)	≥ 100	≥ 50	< 50
Женщины	До 60 лет	Нет ИБС	≥ 100	≥ 60	< 60
		ИБС, в анамнезе инфаркт миокарда, давность более года	≥ 100	≥ 60	< 60
	После 60 лет	ИБС, инфаркт миокарда в данном календарном году	≥ 75	≥ 35	< 35
		ИБС (в том числе и перенесшие инфаркт миокарда)	≥ 75	≥ 35	< 35

Часто по результатам нагрузочной пробы рассчитывают дополнительный показатель *PWC* (Physical Working Capacity). Показатель физической работоспособности *PWC* (F) - это мощность мышечной работы при ЧСС равной F (уд/мин). Для практического определения мощности работы, при которой ЧСС равняется F, необходимо выполнение двух ступеней нагрузки. Показатель *PWC* рассчитывается по следующей формуле:

$$PWC(F) = N_1 + (N_1 + N_2) * \left(\frac{F - f_1}{f_2 - f_1} \right),$$

где N_1 и N_2 - мощности первой и второй нагрузки в Вт или кг*м/мин, f_1 и f_2 - ЧСС при первой и второй нагрузках в уд/мин. Если проба содержит более двух ступеней нагрузки, то для расчета берутся последние две.

За F, как правило, берут значение 170 уд/мин. Частота пульса 170 уд/мин отражает оптимальную мобилизацию возможностей сердца, так как при этом еще сохраняется максимальный ударный объем сердца. Кроме того, линейная зависимость между ЧСС и мощностью мышечной работы сохраняется именно до частоты пульса 170 уд/мин.

На основании анамнеза, клинического состояния, величины двойного произведения, толерантности к физической нагрузке, реакции на физическую нагрузку необходимо указать функциональный класс для больных ИБС в соответствии с классификацией ВКНЦ РАМН (см. Таблица 2), в том числе и при безболевого варианте течения заболевания. При этом рекомендуется учитывать пол и возраст, так как физическая работоспособность женщин на 10-15% ниже, чем у мужчин, а после 70 лет этот показатель составляет примерно 50% от уровня 20-летнего возраста.

При повторных исследованиях необходимо отмечать динамику функционального состояния пациента. Критериями оценки являются тип реакции на нагрузку, уровень толерантности и ДП.

Динамика положительная, если:

- возросла толерантность к физической нагрузке;
- толерантность осталась прежней, но ДП снизилось;
- толерантность и ДП не изменились, но реакция на нагрузку стала более благоприятной.

Динамика отрицательная, если:

- толерантность к нагрузке снизилась;
- толерантность не изменилась, но ДП возросло;
- толерантность и ДП прежние, но реакция на нагрузку изменилась на неблагоприятную.

Динамики нет, если толерантность и ДП не изменились и тип реакции на нагрузку остался прежним.

При описании повторных велоэргометрических исследований в динамике возможно сравнение индекса двойного произведения только при одинаковой терапии либо без терапии бета-блокаторами.

Таблица 2

Функциональная классификация состояния больных ишемической болезнью сердца по результатам пробы с дозированной физической нагрузкой

Показатели	К л а с с ы			
	I	II	III	IV
Число метаболических единиц	7,0 и более	4,0-6,9	2,0-3,9	Ниже 2
Двойное произведение	Более 278	218-277	150-217	Ниже 150
Мощность последней ступени нагрузки,	125 или более	75-100	50	25 или ВЭМ противопоказана

Вт Частота приступов стенокардии	Отсутствуют или редкие	Редкие приступы стенокардии напряжения	Частые приступы стенокардии напряжения или редкие приступы стенокардии покоя	Частые приступы стенокардии напряжения и покоя
Недостаточность кровообращения	Отсутствует	Отсутствует или I стадии	Отсутствует или I-IIА стадии	Отсутствует или I-III стадии
Аритмия	Нет	Нет или эпизодически	Эпизодически или постоянно	Эпизодически или постоянно
ЭКГ в динамике	Стабильна	Стабильна или нерезкие нечастые колебания	Частые выраженные колебания	Частые выраженные колебания или отрицательная динамика
Сократительная функция миокарда	Норма	Норма или умеренные изменения	Снижение сократительной функции миокарда	Выраженные нарушения
Реакция на функциональные пробы	Физиологическая	Физиологическая или промежуточная	Патологическая	Пробы не показаны

2. ПРОВЕДЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ ПРОБЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА «КАРДИОКИТ»

Подготовка к проведению пробы

Подробные инструкции по программе проведения нагрузочной пробы содержатся в руководстве оператора. В настоящем документе даны общие рекомендации по использованию данной программы.

Программа проведения нагрузочной пробы рассчитана на использование в специализированном комплексе, включающем персональный компьютер, подключенное к нему устройство съема ЭКГ, измеритель артериального давления, а также велоэргометр или беговую дорожку (тредмил). Программа проведения нагрузочной пробы должна быть установлена с диска согласно руководству оператора.

Работа с программой начинается со списка пациентов и обследований. Если пациент обследуется впервые, то для него заводится карта пациента, содержащая его основные данные. При этом фамилия пациента автоматически включается в список пациентов. Для каждого пациента из списка можно выполнить новое обследование или просмотреть ранее проведенные с ним обследования.

Перед переходом непосредственно в режим проведения нагрузочной пробы необходимо наложить на пациента электроды. Программа рассчитана на использование одной из двух систем отведения:

- 12 общепринятых (I, II, III, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6);
- По Небу (D, A, I).

При запуске программы проведения нагрузочной пробы на экране отображается снимаемая с пациента ЭКГ в той из перечисленных систем отведений, которая на данный момент выбрана по умолчанию.

Перед переходом к проведению пробы оператор имеет возможность настроить следующие параметры:

- используемая система отведений;
- значение субмаксимальной ЧСС;
- положение точки измерения смещения ST-сегмента;
- тип устройства, с помощью которого проводится проба;
- сценарий пробы;
- пороги для сигнала тревоги;
- критерии автоматического выбора документов для печати.

Если проба всегда проводится одинаково, то достаточно выбрать набор параметров процедуры один раз и назначить его настройкой по умолчанию. В этом случае при каждом последующем запуске программы будет автоматически устанавливаться выбранный набор параметров.

Проведение нагрузочной пробы

Установив требуемый набор параметров и убедившись в правильности съема ЭКГ, можно переходить к выполнению сценария нагрузочной пробы.

В ходе процедуры на экране постоянно отображаются:

- текущая ЭКГ;
- формы типичных кардиоциклов;
- график выполнения сценария пробы;
- график ЧСС;
- вводимые значения артериального давления;
- основные параметры ЭКГ (ЧСС и смещение ST-сегмента).

Количество отображаемых отведений для ЭКГ и типичных кардиоциклов может при необходимости меняться оператором путем выбора одного из предусмотренных форматов отображения (см. руководство оператора). Для того чтобы оператор в ходе процедуры имел возможность подробно рассмотреть какой-либо фрагмент ЭКГ, привлечший его внимание, используется команда приостановки ЭКГ.

Отображаемые на экране типичные кардиоциклы автоматически определяются программой на начальном этапе выполнения сценария пробы и далее обновляются с периодичностью 1 раз в 10 секунд. На каждом кардиоцикле вертикальными черточками отмечена автоматически определенная точка j и точка измерения ST-сегмента (первоначально она выбирается в соответствии с установленным на этапе настройки значением). В ходе процедуры оператор может изменить положение точки измерения смещения в интервале от 0 до 160 мс после точки j . При этом следует иметь в виду, что далее при построении трендов смещения ST-сегмента будет использовано последнее выбранное положение этой точки.

Ход выполнения сценария пробы динамически отображается с помощью графика. Пунктирной линией на нем показан запланированный сценарий. По мере выполнения процедуры сплошной линией отображается фактически выполненная часть сценария. На том же поле строится график автоматически измеряемой ЧСС. Перед завершением каждой из ступеней нагрузки программа выдает оператору сообщение о необходимости перехода к следующей степени (установки нового значения нагрузки). В данной версии программы не

предусмотрено автоматическое управление нагрузкой велоэргометра. Поэтому оператор должен внимательно следить за сообщениями программы и своевременно выполнять необходимые действия.

Измерение артериального давления должно выполняться оператором вручную. Для того чтобы измеренные значения нашли отражение в формируемых по результатам пробы документах, оператор должен вводить их с клавиатуры сразу же после измерения. Моменты ввода давления и его величины отображаются на графике сценария.

Если в ходе выполнения процедуры возникает необходимость отметить некоторый момент времени, соответствующий какому-либо значимому событию, оператор может воспользоваться функцией установки метки с вводом текстового комментария к ней.

Если в ходе выполнения пробы выясняется необходимость изменения установленного сценария, оператор может сделать это одним из следующих трех способов:

- досрочный переход к следующей ступени нагрузки (на продолжительность последующих ступеней нагрузки и этапа восстановления это не влияет);
- досрочный переход к этапу восстановления;
- полная остановка процедуры.

Процедура прекращается либо по завершении выполнения сценария, либо при подаче оператором команды полной остановки. При этом программа автоматически переходит к просмотру накопленных данных.

Просмотр и документирование результатов процедуры

После завершения процедуры программа полностью сохраняет все накопленные данные:

- ЭКГ во всех отведениях;
- типичные кардиоциклы;
- измеренные значения ЧСС и смещения ST-сегмента;
- введенные оператором величины давления;
- введенные оператором метки;
- фактически выполненный сценарий.

Кроме того, в ходе процедуры программа автоматически подготавливает комплект документов, предназначенных для печати:

- протокол нагрузочной пробы;
- графики измеряемых параметров ЭКГ;
- фрагменты ЭКГ;
- типичные кардиоциклы.

Документы двух последних видов формируются автоматически в соответствии с критериями, выбранными при настройке параметров и/или вручную по командам оператора (см. руководство оператора).

Протокол нагрузочной пробы формируется как текст, в который первоначально включаются данные о пациенте и основные сведения о проведенной пробе. Оператор имеет возможность дополнить или изменить этот текст перед выводом на печать.

Графики измеряемых параметров формируются полностью автоматически и включают:

- графическое отображение фактически выполненного сценария пробы;
- тренд изменения ЧСС с отмеченными на нем величинами АД;
- тренды изменения смещения ST-сегмента во всех снимаемых отведениях ЭКГ.

Просматривая сохраненные данные, оператор имеет возможность восстановить весь ход процедуры, выбрать дополнительные фрагменты ЭКГ для печати и выполнить полуавтоматическое измерение параметров ЭКГ. Процедуры просмотра всех видов данных синхронизированы между собой и со сценарием пробы, что позволяет оператору быстро ориентироваться в данных.

Оператор имеет возможность просмотреть подготовленные к печати документы и внести в них некоторые изменения (например, выбрать масштабы для ЭКГ). Документы могут быть выведены на бумагу полностью или выборочно.

При завершении работы с программой проведения нагрузочной пробы могут быть сохранены для последующего просмотра либо все полученные данные, либо только подготовленные для печати документы. В последнем случае будет потеряна возможность полного восстановления хода процедуры. Однако, так как полные данные занимают очень большой объем памяти компьютера, целесообразно следить за их удалением, когда необходимость в их сохранении отпадает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аронов Д.М., Лупанов В.П., Шарфнадель М.Г. и др. Классификация функционального состояния больных ИБС по результатам пробы с физической нагрузкой // Тер. арх. - Т. 19, №1. С.22.
2. Аронов Д.М. Руководство по кардиографии // Под ред. Е.И.Чазова, М., 1992. – Т.3. – 600с.
3. Аронов Д.М., Лупанов В.П., Михеева Т.Г. // Кардиология. – 1995, №12. – 83-90 с.
4. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – М., 1990. – 192 с.
5. Бова А.А., Горохов С.С., Денещук Е.С. и др. // Медицинские новости. – 1997. - №7. С. 4-12.
6. Велоэргометрическая проба, особенности проведения в различных учреждениях. Под ред. В.С. Гасилина // Методические рекомендации. - М., 1989. – 19 с.
7. Гасилин В.С., Куликова Н.М. Поликлинический этап реабилитации больных инфарктом миокарда. – М., 1984. – 173 с.
8. Гасилин В.С., Сидоренко Б.А. Стенокардия. – М., 1987. – 235 с.
9. Орлов В.Н. Руководство по электрокардиографии. - М.: Медицина, 1984, с. 528.
10. Лупанов В.П. Обзор // Тер. архив. – 1997. - №4. – С. 82-88.
11. Лупанов В.П. // Кардиология. 1997. - №6. – С. 79-83.
12. Лупанов В.П. Функциональные нагрузочные пробы в диагностике ИБС // Сердце. 2002. Том 1- №6. – С. 294-306.
13. Николаева Л.Ф., Аронов Д.М. Реабилитация больных ИБС. – М., 1988. – 286 с.
14. Милева К.Н. Разработка и исследование методов автоматического анализа ST-сегмента электрокардиограммы в реальном масштабе времени: Автореф.дис....канд.техн.наук: 05.13.09. – Л., 1989. – 16 с.
15. Сеидова Г.Б., Дорофеев В.И., Курбако В.А. Пробы с физической нагрузкой в диагностике ишемической болезни сердца // Учебное пособие. – СПб., 1999. - 24 с.
16. Cox J., Naylov D. The Canadian cardiovascular society grading for angina pectoris: Is in time for refinements? // Ann. Intern. Med. - 1992. – Vol. 117. – P. 677-683.
17. Rankin S.L., Briffa T.G., Morton A.R. A specific activity Questionnaire and clinical data // Am. J. Cardiol. – 1996. – Vol. 77 – P. 1120-1123.