

Министерство здравоохранения Российской Федерации
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УТВЕРЖДЕНО
Решением Ученого совета
ГБОУ ДПО РМАПО
Минздрава России

«26» мая 2015г.

Л.Р. ГАДЖИЕВА, С.Б. ТКАЧЕНКО, М.В.ПАЛЧЕНКОВА

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭКГ ТЕСТЫ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ДОЗИРОВАННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Учебное пособие

Москва
2015

УДК 617-089

ББК 54.5

Ф 247

Гаджиева Л.Р., Ткаченко С.Б., Палченкова М.В. Функциональные ЭКГ тесты с использованием дозированных физических нагрузок /учебн.пособие /Л.Р.Гаджиева, С.Б.Ткаченко, М.В.Палченкова; ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования». – М.: ГБОУ ДПО РМАПО, 2015. – 103с.ISBN 978-5-7249-2288-3.

Цель учебного пособия – представить специалистам функциональной диагностики, врачам общей практики, кардиологам, терапевтам базовые материалы, касающиеся одного из ключевых вопросов функциональной диагностики – диагностики ишемической болезни сердца.

Содержание учебного пособия соответствует теме образовательных программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки по специальности «Клиническая физиология и функциональная диагностика»

Данное пособие разработано сотрудниками кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики РМАПО с участием сотрудников Учебно-методического управления в соответствии с системой стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Учебное пособие предназначено для врачей отделений функциональной диагностики, врачам общей практики, кардиологов, терапевтов, а также для аспирантов, клинических ординаторов и студентов старших курсов медицинских вузов и слушателей циклов повышения квалификации и профессиональной переподготовке врачей по указанной специальности.

УДК 617-089

ББК 54.5

Табл.28. Рис.8. Библиогр.: 13 назв.

Рецензенты: д.м.н., профессор, зам.главного врача МКДЦ - **А.О.Данько**

д.м.н., профессор, зав.кафедрой кардиологии

ГБОУ ДПО РМАПО - **Н.А.Мазур**

д.м.н., профессор, зав.кафедрой терапии и подростковой

медицины ГБОУ ДПО РМАПО - **А.Г.Автандилов**

ISBN 978-5-7249-2288-3

© Российская медицинская академия
последипломного образования, 2015

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АСС	американский колледж кардиологов
АНА	американская ассоциация сердца
ВЭМ	VELOЭРГОМЕТРИЯ
ДОО	должный основной обмен
ДП	двойное произведение
ИБС	ишемическая болезнь сердца
ИИР	индекс инотропного резерва
ИХР	индекс хронотропного резерва
ESC	Европейское общество кардиологов
КА	коронарная артерия
КАГ	коронарная ангиография
МЕТ	метаболические единицы
МРТ	магнитно-резонансная томография
МОК	минутный объем кровообращения
МПК	максимальное потребление кислорода
МСКТ	мультиспиральная компьютерная томография
НЦД	нейроциркуляторная дистония
ОМТ	оптимальная мекаментозная терапия
ОФЭКТ	однофотонная эмиссионная компьютерная томография
ПН	пороговая нагрузка
ПТВ	предтестовая вероятность ИБС
ССС	сердечно-сосудистая система
ТМТ	«тощая» масса тела
ТФН	толерантность к физической нагрузке
ФН	физическая нагрузка
ФР	физическая работоспособность
ХСН	хроническая сердечная недостаточность
ЧСС	частота сердечных сокращений
ЭхоКГ	эхокардиограмма

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.ПРИНЦИПЫ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	8
<i>Контрольные вопросы</i>	13
2.ПОКАЗАНИЯ И ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ НАГРУЗОЧНЫХ ТЕСТОВ	14
<i>Тестовые вопросы и задания</i>	
3. ВИДЫ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК.....	24
3.1. Тесты с динамической нагрузкой	24
3.1.1.Тесты с использованием велоэргометра.....	25
3.1.2. Тесты с использованием бегущей дорожки (тредмила)	31
3.2.Субмаксимальное и максимальное тестирование	37
3.3. Осложнения ЭКГ-теста с физической нагрузкой	41
3.4.Абсолютные и относительные показания к прекращениюЭКГ- теста.....	43
с физической нагрузкой	43
<i>Тестовые вопросы и задания</i>	46
4.ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТА.....	47
4.1.Оценка функционального состояния сердечно-сосудистойсистемыбольных ИБС.....	72
<i>Тестовые вопросы и задания</i>	78
5.СТРАТИФИКАЦИЯ РИСКА СОБЫТИЙ.....	79
6. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙРАБОТОСПОСОБНОСТИ.....	87
<i>Контрольные вопросы</i>	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	96
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ	97
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	100
ГЛОССАРИЙ.....	1001
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	102
Основная.....	102
Дополнительная.....	102

ВВЕДЕНИЕ

Ключевым элементом к лечению любого заболевания является правильный диагноз. Современная кардиология, имеющая в своем распоряжении медикаментозные, интервенционные и хирургические методы лечения, как ни одна другая клиническая специальность располагает широчайшим набором диагностических средств и пособий. К числу важнейших из них, несомненно, относятся функциональные методы диагностики. 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 результате этого провоцируются патофизиологические состояния, вследствие которых начинает проявляться скрытая, или труднодоступная для обнаружения в условиях покоя патология. В тех случаях, когда эта патология как нозологическая форма известна до исследования, с помощью функциональных проб удается определить степень ее выраженности или, наоборот, компенсаторные возможности сердечно-сосудистой системы.

Несмотря на разнообразие функциональных проб, используемых в современной кардиологии, их физиологическая сущность сводится к главной идее - физическая нагрузка (ФН) является идеальным и самым естественным видом провокации, позволяющим оценить полноценность физиологических компенсаторно-приспособительных механизмов организма, а при наличии явной или скрытой патологии – степень функциональной неполноценности кардиореспираторной системы.

Применяя в течение многих десятилетий функциональные пробы, специалисты пришли к выводу, что надежность любого метода зависит от ряда требований, которые должны предъявляться к ним.

Применительно к тестам с физической нагрузкой они могут быть сформулированы следующим образом. Тест должен:

- представлять собой для испытуемого простую и непродолжительную процедуру, не требующую специальных навыков;

- быть безопасным для испытуемого и выполнимым для большинства лиц, наблюдаемых амбулаторно (больных и здоровых);
- обеспечивать участие многих мышечных групп, давая нагрузку на все тело, а не на ограниченные группы мышц;
- включать периоды устойчивого состояния, в течение которых можно регистрировать сопоставимые количественные показатели;
- давать воспроизводимые результаты;
- выражаться в величинах расхода энергии на массу тела, но с возможностью быстрого пересчета в единицу работы;
- позволять оценивать максимальную реакцию кардиореспираторной системы человека и максимальную физическую работоспособность.
- иметь возможность стандартизировать методику

Стандартизация метода и ее хорошая воспроизводимость позволяют достоверно сопоставлять результаты обследования одного и того же человека в разные периоды его жизни, индивидуальные и групповые результаты исследований, проведенных в разных лабораториях и клиниках.

Наиболее строгим, адекватным параметром, пригодным для стандартизации проб с физической нагрузкой, является потребление кислорода при нагрузке. Однако реальное измерение этого параметра при проведении проб не всегда доступно. Поэтому специалисты обратились к другим физиологическим параметрам, тесно связанным с потреблением кислорода. В частности, фактором, обеспечивающим при необходимости высокое потребление кислорода, является величина сердечного выброса. Между потреблением кислорода и сердечным выбросом существует прямая линейная зависимость. В свою очередь, понятно, что существует прямая зависимость между потреблением кислорода, минутным объемом крови и частотой сердечных сокращений (ЧСС). По мере нарастания функциональной недостаточности сердечно-сосудистой системы происходит прогрессирующее снижение максимального потребления кислорода и максимальной ЧСС. Чем выше у испытуемого ЧСС при возрастающей нагрузке, тем выше максимальное потребление кислорода и, соответственно, толерантность

к физическим нагрузкам, лучше функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

Таким образом, имеется хорошая возможность стандартизировать нагрузку по весьма показательному и легко определяемому параметру - величине ЧСС. Установлено, что у лиц, у которых потребление кислорода достигает 3 л/мин, сердечный выброс возрастает до 20 л/мин; при потреблении 6 л кислорода в 1 мин, что возможно только у сверхтренированных спортсменов, сердечный выброс может возрастать до 40 л/мин.

Помимо описанных особенностей и закономерностей, существует целый ряд факторов, определяющих динамику ЧСС при нагрузках – это возраст, пол и, главное, степень тренированности человека.

Тест с дозированной физической нагрузкой является одной из наиболее широко используемых электрокардиографических методик. В настоящее время у пациентов с подозреваемой или подтвержденной ИБС рекомендуется проведение нагрузочных ЭКГ тестов для стратификации риска событий (осложнений, главным образом риска сердечно-сосудистой смерти или развития инфаркта миокарда) и ее использования в качестве основы для принятия терапевтических решений.

Прогностические маркеры теста с физической нагрузкой включают толерантность к физической нагрузке, реакцию АД и индуцированную нагрузкой ишемию (клиническую и по ЭКГ). Максимальная толерантность к физической нагрузке – один из стабильных прогностических маркеров, и на нее как минимум частично влияет протяженность дисфункции левого желудочка (ЛЖ) в покое и объем дальнейшей дисфункции ЛЖ, вызванной нагрузкой. Однако на толерантность к физической нагрузке также влияют и возраст, общее физическое состояние, сопутствующие заболевания и психологический статус. Толерантность к физической нагрузке можно измерить по максимальной длительности нагрузки, достигнутому максимальному числу метаболических эквивалентов (МЕТ), достигнутой максимальной рабочей нагрузке (в Ваттах), максимальным значениям ЧСС и двойного произведения (ЧССхАД). Кроме того для вычисле-

ния риска событий у пациентов по результатам нагрузочного теста (на тредмиле) по номограмме прогностических признаков (DTS) оценивают 5-летнюю выживаемость и годовую смертность, а также рассчитывают прогностический индекс Дюка.

Нагрузочное тестирование считается в целом безопасной процедурой (особенно, если выполняется не после перенесенного инфаркта миокарда и не у пациентов, страдающих злокачественными желудочковыми тахикардиями). Частота осложнений составляет от 1:2500 до 10:10000 и зависит от особенностей изучаемой популяции. Смертность при проведении проб с нагрузкой у пациентов с ИБС составляет около 1:10000 исследований (против 1:1000 при катетеризации сердца и коронарной ангиографии). Наиболее высок риск осложнений у пациентов со значимыми желудочковыми аритмиями (около 23: 10000 тестов) и перенесших инфаркт миокарда.

1. ПРИНЦИПЫ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время рекомендуется пошаговый подход к принятию решений у пациентов с подозрением на стабильную ИБС. Этот процесс начинается с клинической оценки вероятности наличия ИБС у конкретного пациента (определение предтестовой вероятности; Шаг 1). За Шагом 1 следует неинвазивное обследование для установления диагноза стабильной ИБС или необструктивного атеросклероза (обычно путем проведения ультразвукового исследования сонных артерий) у пациентов с промежуточной вероятностью болезни (Шаг 2). Как только диагноз стабильной ИБС установлен, назначается оптимальная медикаментозная терапия (ОМТ) и проводится стратификация риска последующих событий («риск события» - Шаг 3), обычно на основании доступных неинвазивных методов, с целью отбора пациентов, которые могут получить пользу от инвазивных методов исследования и реваскуляризации. В зависимости от тяжести симптомов, в обход неинвазивных методов исследования на Шагах 2 и 3 может быть проведена ранняя инвазивная коронарная ангиография (ИКА) для

инвазивного подтверждения значимости стеноза (измерение фракционного резервного кровотока) и последующей реваскуляризации.

За последние годы Европейским обществом кардиологов (European Society of Cardiology; ESC), а также другими обществами и организациями было издано большое число руководств. В связи с их влиянием на клиническую практику были установлены качественные критерии, применяемые при разработке рекомендаций по диагностике и лечению ИБС. Уровень доказательств и сила рекомендаций для конкретных методов диагностики и лечения были взвешены и ранжированы в соответствии с предустановленными шкалами, как отмечается в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Классы рекомендаций

Классы Рекомендаций	Определение	Предлагаемая формулировка
Класс I	Состояния, при которых данный метод информативен, имеет преимущества.	Рекомендуется/показан
Класс II	Информативность метода при данных состояниях спорна.	
Класс IIa	Метод скорее информативен, чем нет	Целесообразно применять
Класс IIb	Информативность метода сомнительна	Можно применять
Класс III	Состояния, при которых данный метод бесполезен или даже вреден.	Не рекомендуется

Таблица 2

Уровни доказательности

Уровень доказательности А	Данные многочисленных рандомизированных клинических исследований или мета-анализов
Уровень доказательности В	Данные одного рандомизированного клинического исследования или крупных нерандомизированных исследований
Уровень доказательности С	Согласованное мнение экспертов и/или небольшие исследования, ретроспективные исследования, регистры.

Интерпретация данных неинвазивных методов исследования сердца, в том числе и нагрузочных ЭКГ тестов требует применения байесовского подхо-

да к принятию решений по поводу диагноза. При этом подходе используются предтестовые оценки клиницистов по поводу вероятности заболевания (используется термин «предтестовая вероятность», ПТВ), наряду с результатами диагностических методов, для получения индивидуальных посттестовых вероятностей наличия заболевания у конкретного пациента. На ПТВ влияют распространенность заболевания в изучаемой популяции, а также клинические особенности (в том числе наличие факторов сердечно-сосудистого риска) у отдельного человека. Основными детерминантами ПТВ являются возраст, пол и природа симптомов (табл.3).

Таблица 3

Клиническая предтестовая вероятность (ПТВ) у пациентов со стабильными симптомами боли в грудной клетке

Возраст	Типичная стенокардия		Атипичная стенокардия		Без ангинозной боли	
	Муж	Жен	Муж	Жен	Муж	Жен
30-39	59	28	29	10	18	5
40-49	69	37	38	14	25	8
50-59	77	47	49	20	34	12
60-69	84	58	59	28	44	17
70-79	89	68	69	37	54	24
>80	93	76	78	47	65	32

Примечание: - вероятности наличия обструктивного атеросклероза коронарных артерий отражают оценки для пациентов в возрасте 35, 45, 55, 65, 75 и 85 лет.

Группа в белых ячейках имеет ПТВ менее 15%, в связи с чем их необходимо вести без дальнейшего обследования.

Группа в свето-серых ячейках имеет ПТВ 15-65%. Им может быть проведен ЭКГ тест с физической нагрузкой, по возможности в качестве первого метода. Тем не менее, если имеется возможность (знание метода и его доступность) провести неинвазивный метод визуализации для подтверждения ишемии, это было бы предпочтительным, учитывая превосходные диагностические возможности таких методов. У молодых пациентов следует учитывать опасения по поводу воздействия излучения.

Группа в средне-серых ячейках ПТВ составляет 66-85%, в связи с чем, у них должен быть проведен неинвазивный метод визуализации для функциональной оценки с целью установления диагноза стабильной ИБС.

Группа в темно-серых ячейках ПТВ составляет более 85%, можно считать, что у пациентов имеется стабильная ИБС. У таких пациентов необходимо провести только стратификацию риска.

Для описания точности конкретного диагностического метода часто используют критерии чувствительности и специфичности (табл. 4), однако они не позволяют полностью определить, как конкретный метод будет работать в клинических условиях.

Таблица 4

Характеристики методов, широко используемых для диагностики ИБС

	Диагноз ИБС	
	Чувствительность (%)	Специфичность (%)
Стресс-ЭКГ с физической нагрузкой	45-50	85-90
Стресс ЭхоКГ с физической нагрузкой	80-85	80-88
Стресс-ОФЭКТ с физической нагрузкой	73-92	63-87
Стресс-ЭхоКГ с добутамином	79-83	82-86
Стресс-МРТ с добутамином	79-88	81-91
Стресс-ЭхоКГ с вазодилататором	72-79	92-95
Стресс-ОФЭКТ с вазодилататором	90-91	75-84
Стресс-МРТ с вазодилататором	67-94	61-85
КТА коронарных артерий	95-99	64-83
Стресс-ПЭТ с вазодилататором	81-97	74-91

Сокращения: ИБС – ишемическая болезнь сердца, КТА – компьютерная томографическая ангиография, ЭКГ – электрокардиография, МРТ – магнитно-резонансная томография, ПЭТ – позитронная эмиссионная томография, ОФЭКТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография.

В связи с взаимосвязью между ПТВ (клиническая вероятность того, что у данного пациента будет выявлена ИБС) и рабочими характеристиками доступных диагностических методов (вероятность того, что у данного пациента имеется заболевание, если результаты диагностического метода положительные, и нет заболевания, если они отрицательные), необходимо учитывать ПТВ при выполнении рекомендаций по диагностическому обследованию. Исследование

может принести вред, если число ложных результатов будет выше, чем число правильных результатов. Для неинвазивных, основанных на визуализации методов диагностики ИБС типичные уровни чувствительности и специфичности составляют приблизительно 85%. Следовательно, в 15% случаев результаты любого диагностического метода могут быть ложными, и, как следствие, отсутствие проведения каких-либо исследований вообще приведет к меньшему числу неправильных диагнозов у пациентов с ПТВ менее 15% (при условии, что все пациенты здоровые) или ПТВ более 85% (при условии, что у всех пациентов имеется заболевание). В этих ситуациях исследование должно проводиться только при наличии убедительных причин.

Именно на этом основании рабочая группа ESC не рекомендует проведения исследования у пациентов:

- 1) с низкой ПТВ <15% и,**
- 2) высокой ПТВ >85%.**

У таких пациентов безопаснее сделать вывод, что у них:

- 1) нет обструктивной ИБС
- 2) имеется обструктивная ИБС соответственно.

Низкая чувствительность стресс-ЭКГ с физической нагрузкой, всего 50% (несмотря на превосходную специфичность порядка 90%) является причиной того, почему число ложных результатов теста будет больше, чем число правильных результатов в популяциях с ПТВ >65%. Таким образом, в популяциях лиц высокого риска рекомендуется не проводить стресс-ЭКГ с физической нагрузкой для диагностических целей. Тем не менее, данный метод может предоставить ценную прогностическую информацию в таких популяциях.

В связи с простотой проведения и широкой доступностью, тест с физической нагрузкой на беговой дорожке (тредмиле) или велоэргометре, под контролем ЭКГ в 12-ти отведениях, остается полезным исследованием (табл. 5) в диагностике у пациентов с подозрением на стабильную ИБС, имеющих ПТВ (15-65%), при которой данный метод хорошо работает.

**ЭКГ тест с физической нагрузкой для первичной диагностики
ИБС или оценки симптомов**

Рекомендации	Класс <input type="checkbox"/>	Уро- вень <input type="checkbox"/>
Стресс-ЭКГ с физической нагрузкой рекомендуется в качестве начального метода для установления диагноза стабильной ИБС у пациентов с симптомами стенокардии и промежуточной ПТВ выявления ИБС (15-65%), не принимающих антиишемические препараты, кроме случаев, когда пациент не может выполнить физическую нагрузку, либо если изменения на ЭКГ делают ее оценку невозможной.	I	B
Стресс-метод визуализации рекомендуется в качестве варианта начального метода диагностики, если позволяют знание метода и его доступность	I	B
Стресс-ЭКГ с физической нагрузкой следует рассматривать к проведению у пациентов, получающих лечение, для оценки контроля симптомов и ишемии.	IIa	C
Стресс-ЭКГ с физической нагрузкой у пациентов с депрессией сегмента ST \geq 1mV на ЭКГ в покое или принимающих сердечные гликозиды не рекомендуется проводить с диагностическими целями.	III	C

Примечание: - класс рекомендации, - уровень доказательств.

Контрольные вопросы:

1. Что собой представляет предтестовая вероятность ИБС?
2. Что относится к прогностическим маркерам теста с физической нагрузкой?
3. Какие требования предъявляются к тестам с физической нагрузкой?

2. ПОКАЗАНИЯ И ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ НАГРУЗОЧНЫХ ТЕСТОВ

Основные области применения нагрузочных тестов следующие:

- массовые (эпидемиологические) обследования различных контингентов населения с целью раннего выявления сердечно-сосудистой патологии, в первую очередь ИБС;
- диагностика ишемической болезни сердца у пациентов с прекардиальными болями;
- оценка связи нарушений ритма и проводимости с физической нагрузкой и их индукция на фоне нагрузочного теста;
- оценка тяжести и прогноза ИБС;
- выявление лиц с гипертензивной реакцией и оценка особенностей динамики АД на фоне физической нагрузки;
- динамическая оценка индивидуальной толерантности к физической нагрузке у больных с установленным диагнозом ИБС;
- оценка эффективности проведенного кардиохирургического лечения и реабилитационных мероприятий по результатам динамического исследования больных;
- оценка эффективности антиангинальной, антиаритмической и гипотензивной терапии;
- экспертиза трудоспособности больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями;
- профессиональный отбор (для работы в экстремальных условиях или для работ, требующих высокой физической работоспособности);
- исследовательская работа;
- оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы у различных контингентов;
- скрининг заболеваний сердечно-сосудистой системы

Показания к ЭКГ тесту с физической нагрузкой для диагностики ИБС с учетом предложенных классов рекомендаций представлены в таблице.

Таблица 6

Показания к ЭКГ-тесту с физической нагрузкой

Диагностика ИБС	
Класс I	Средняя предтестовая вероятность (ПТВ) ИБС, рассчитанная исходя из возраста, пола, имеющихся жалоб (включая больных с полной блокадой правой ножки пучка Гиса и депрессией сегмента ST в покое менее 1 мм)
Класс IIa	Вазоспастическая стенокардия
Класс IIb	Высокая ПТВ ИБС
	Низкая ПТВ ИБС
	Исходная депрессия сегмента ST менее 1 мм на фоне приема дигоксина
	ЭКГ-признаки гипертрофии левого желудочка и исходная депрессия сегмента ST менее 1 мм
Класс III	Исходные изменения ЭКГ (кроме указанных выше)
	Синдром WPW
	Желудочковая ЭКС
	Исходная депрессия сегмента ST 1 мм и более
	Полная блокада левой ножки пучка Гиса
	Подтвержденный инфаркт миокарда в анамнезе или диагноз ИБС по данным КАГ (в этих случаях нагрузочные пробы могут проводиться для выявления ишемии и оценки риска)

Несмотря на то, что эти рекомендации кажутся слишком «жесткими», разумные принципы в них, безусловно, заложены – они призваны ограничить бессмысленное проведение нагрузочных тестов, не дающих дополнительную информацию.

Противопоказания к ЭКГ-тесту с физической нагрузкой. Принято выделять абсолютные и относительные противопоказания к проведению нагрузочного теста.

Под **абсолютными** противопоказаниями понимают варианты патологических изменений сердечно-сосудистой и других систем, при которых нагрузочный тест не должен проводиться ни при каких обстоятельствах.

Под **относительными** противопоказаниями к проведению нагрузочного теста понимают ситуации, при которых тест может быть проведен по усмотрению врача с различными мерами предосторожности.

В настоящее время существуют расхождения между абсолютными и относительными противопоказаниями согласно рекомендациям зарубежных и российских исследователей. Учитывая основные рекомендации, предлагаемые разными медицинскими школами, можно рекомендовать в практической деятельности использовать следующие противопоказания к проведению нагрузочного теста.

Абсолютные противопоказания:

- острый инфаркт миокарда в течение 1-3 недель в зависимости от степени тяжести;
- нестабильная стенокардия с высоким риском сердечно-сосудистых осложнений;
- тяжелая сердечная недостаточность, не поддающаяся лечению;
- не поддающиеся лечению аритмии, сопровождающиеся жалобами или нарушениями гемодинамики (неконтролируемые желудочковые нарушения ритма I-IV, пароксизмы мерцания и трепетания предсердий);
- тяжелый клинически явный аортальный стеноз, другие пороки с критическим нарушением внутрисердечной гемодинамики;
- расслаивающая аневризма аорты или подозрение на нее;
- ТЭЛА или инфаркт легкого;
- миокардит, перикардит, или инфекционный эндокардит либо подозрение на одно из этих заболеваний;

- тяжелые внесердечные заболевания, которые могут повлиять на выполнение теста или могут обостриться на фоне теста (в том числе инфекции, почечная недостаточность, тиреотоксикоз);
- острое нарушение мозгового кровообращения или инсульт (острая подострая фаза);
- внутрисердечный тромбоз;
- неконтролируемая артериальная гипертензия;
- частые эпизоды АВ - блокады II степени, АВ – блокада III степени;
- тяжелые эмоциональные расстройства, психозы (пациент неконтактный, неадекватно оценивает происходящее);
- пациент не подписал информированное согласие;
- тестирование пациента натошак после забора крови из вены;

Относительные противопоказания:

- стеноз ствола левой коронарной артерии или эквивалентное ему поражение коронарных артерий;
- умеренные клапанные стенозы;
- электролитные нарушения (например, гипокалиемия, гипомагниемия);
- выраженная артериальная гипертензия (систолическое АД в покое более 180 мм рт.ст. и/или диастолическое АД в покое более 100 мм рт. ст.);
- неадаптивная ЭКС
- аневризма левого желудочка;
- значительное увеличение размеров сердца;
- гипертрофическая кардиомиопатия и другие виды обструкции выносящего тракта левого желудочка;
- психические расстройства, затрудняющие взаимодействие с больным;
- некомпенсированные эндокринные нарушения (сахарный диабет, тиреотоксикоз, гипотиреоз, ожирение);
- беременность на поздних сроках, осложнения беременности;
- заболевания сосудов нижних конечностей (тромбофлебит, варикозная болезнь, облитерирующий атеросклероз, эндартериит);

- хронические инфекции (инфекционный мононуклеоз, гепатит, ВИЧ-инфекция);
- нервно-мышечные заболевания, болезни опорно-двигательного аппарата, коллагенозы, если физическая нагрузка может приводить к их обострению;
- выраженная анемия (уровень гемоглобина < 100 г/л);
- почечная, печеночная недостаточность;
- отказ больного от проведения исследования;

Подготовка пациента к проведению нагрузочного теста. Перед исследованием врач должен выполнить краткий опрос и осмотр пациента с целью исключения противопоказаний к проведению нагрузки и с целью обнаружения таких клинических симптомов как сердечный шум, ритм галопа, хрипы в легких. Пациенты с клиническими признаками ухудшения течения или нестабильности стенокардии, а также сердечной недостаточности не должны подвергаться тестированию, пока их состояние не стабилизировалось.

Пациент должен быть проинструктирован, что он не должен есть и курить в предшествующие тесту 2-3 часа; рекомендуется легкий завтрак за 2-3 часа до пробы; одежда должна быть удобной; он должен исключить непривычные физические нагрузки как минимум за 12 часов до проведения исследования.

Если нагрузочный тест проводится в диагностических целях, лучше отменить некоторые сердечнососудистые средства, делают это только по согласованию с лечащим врачом. Антиангинальные средства значительно снижают чувствительность ЭКГ-теста с физической нагрузкой. Отмена антиангинальных препаратов значительно повышает чувствительность теста.

Отмена бета-адреноблокаторов представляет особую трудность. На фоне их приема часто не удается достичь должной ЧСС. Но резкая отмена их нежелательна и может вызывать рикошетную тахикардию. Поэтому перед диагностической пробой лучше отменять бета-адреноблокаторы постепенно, в течение нескольких суток (2-4), чтобы избежать синдрома отмены. Иногда на отмену бета-адреноблокаторов не хватает времени, а в других случаях они настолько

необходимы, что отменить их не удастся. В этих случаях обязательно оставляют запись, что тест проведен на фоне приема бета-адреноблокаторов.

Дигоксин может затруднять интерпретацию теста с физической нагрузкой. Его отменяют на 2 недели до исследования.

Рекомендуются следующие сроки отмены некоторых препаратов: кордарон – не менее чем за 14 дней до проведения теста; антагонисты кальция, мочегонные средства, препараты раувольфии, анаболические препараты, ингибиторы АПФ, седативные – за 48 часов; нитраты пролонгированного действия – за 12 часов; клофелин – за 24 часа до пробы. Не отменяются противодиабетические препараты, антикоагулянты. Допускается прием нитроглицерина, но не менее чем за 2 часа до пробы.

Если исследование проводится для оценки функционального состояния, все препараты принимают как обычно, чтобы максимально приблизить условия проведения теста к повседневным условиям.

С собой пациенту следует иметь список всех принимаемых препаратов.

До проведения теста записывается ЭКГ покоя в 12 отведениях в горизонтальном положении, а также – в зависимости от используемого приспособления (велоэргометр или тредмил) – в положении сидя или вертикально. Не рекомендуется проведение гипервентиляции перед началом исследования из-за увеличения вероятности получения ложноположительного результата (послетестовая депрессия ST, обусловленная гипервентиляцией). При необходимости гипервентиляция проводится после тестирования.

В некоторых клиниках перед проведением нагрузочного тестирования пациенты подписывают информированное согласие, представленное ниже. На обороте этого листа лечащий врач заполняет обоснование для проведения нагрузочного теста. Подписанное информированное согласие и обоснование в обязательном порядке клеивается в историю болезни или амбулаторную карту пациента.

**Информированное согласие на проведение нагрузочного теста
(подписывается пациентом)**

Я, Иванов Иван Иванович, информирован лечащим врачом о необходимости проведения нагрузочной пробы. Полученные данные очень важны для диагностики моего заболевания и его успешного лечения. Во время теста будут оцениваться переносимость нагрузки, наличие ишемии миокарда, нарушений сердечного ритма и проводимости, реакция АД и ряд других показателей. Будет определена эффективность проводимой терапии (в случае таковой), необходимость ее коррекции.

Нагрузка будет прекращена при появлении изменений ЭКГ (согласно нормативным критериям), повышении уровня АД выше допустимого, жалоб на боль в груди, одышки и т. д.

В целях предосторожности и безопасности во время теста будет непрерывно мониторироваться ЭКГ и периодически определяться уровень АД. Я предупрежден, что риск нагрузочных проб минимален, однако может развиваться приступ боли в груди, появиться нарушения ритма сердца, повыситься АД и, крайне редко (0,001%), возможен летальный исход.

Медицинский персонал будет присутствовать во время проведения пробы и окажет мне вовремя необходимую помощь.

Я обязуюсь информировать врача о проводимой терапии, интересующих его данных о моем заболевании, появлении каких-либо жалоб во время проведения нагрузочного теста. Обязуюсь в точности выполнять требования врача, проводящего нагрузочный тест.

Я прочитал информированное согласие, полностью ориентирован в необходимости проведения и возможных осложнениях теста.

У меня нет вопросов к врачу.

Я согласен (согласна) на проведение нагрузочного теста.

Пациент _____ Врач _____ Дата _____

Обоснование
проведения нагрузочного тредмил-теста (ВЭМ-теста)
(заполняется и подписывается лечащим врачом)

Больной (ая) _____ Возраст _____ лет

Дата госпитализации в стационар _____

№ истории болезни (амбулаторной карты) _____

Вариант ИБС: впервые возникшая стенокардия, прогрессирующая стенокардия, стенокардия напряжения _____ ФК, вазоспастическая стенокардия, немая ишемия миокарда

Цель исследования (нужное подчеркнуть):

- . Тест на ИБС
- . Оценка толерантности к физической нагрузке
- . Оценка эффективности антиангинальной терапии
- . Динамическое наблюдение после стентирования, АКШ
- . Индукция нарушений ритма и проводимости
- . Иная _____

Терапия на момент исследования _____

Отмена бета-адреноблокаторов: в течение трех дней, резкая (за один день), не отменялись, не назначались

До нагрузочного теста пациенту проводились исследования:

ЭхоКГ (да, нет) Особенности _____

Суточное мониторирование ЭКГ по Holter (да, нет). Основные результаты _____

Дополнительная информация _____

Лечащий врач _____ Дата _____

Страх перед исследованием (особенно у пожилых и малоактивных людей) является вполне естественным. Врачу следует рассказать пациенту, что, по сути, нагрузочный тест является рутинным исследованием, который проводится множеству людей. Необходимо также указать на чрезвычайно низкую вероятность возможных осложнений и неблагоприятных исходов тестирования).

Пациент вправе отказаться от проведения нагрузочного тестирования – это его выбор.

Оснащение кабинета и условия для проведения тестов с ФН. Кабинет, предназначенный для выполнения нагрузочного тестирования должен удовлетворять следующим требованиям:

- площадь не менее 25 кв.м.,
- наличие кондиционера для создания оптимального температурного режима ($t^{\circ}19-22^{\circ}C$),
- относительная влажность воздуха не более 50%,
- расположение вблизи кабинета или отделения интенсивной терапии и реанимации.

Оборудование кабинета должно включать исправные, и постоянно готовые к применению: электрокардиограф, велоэргометр или бегущую дорожку, сфигмоманометр, кушетку, дефибриллятор, приспособления для оказания неотложной помощи (воздуховоды, портативный респиратор, роторасширитель, языкодержатель, ларингоскоп с набором интубационных трубок).

Если помещение где проводится тестирование расположено в стационаре далеко от отделения интенсивной терапии или в поликлинике, то должен присутствовать следующий набор медикаментов: таблетированные средства (нитроглицерин, каптоприл, коринфар, клофелин, обзидан, верапамил), растворы для в/м и в/в введения (10% лидокаин, 10% новокаинамид, 0,1% р-р атропина, фуросемид, баралгин, панангин, амиодорон, обзидан, кордиамин, мезатон, эуфиллин, адреналин, преднизолон, хлорид кальция, сульфат магния, фентанил, дроперидол, физраствор, р-р глюкозы), ингаляционные бронхолитики.

Тестовые вопросы и задания:

Инструкция: Выберите один правильный ответ из нескольких предложенных.

1. Выберите предметы, без которых кабинет нагрузочных тестов не может функционировать без высокого риска осложнений для пациента:

- А. Увлажнитель воздуха.
- Б. Кислородная подушка.
- В. Дефибриллятор.
- Г. Кондиционер.
- Д. Автоматический измеритель АД.
- Е. Аптечка с медикаментами.
- Ж. Кушетка.

2. Перед нагрузочным тестом у пациента зарегистрировано АД 165/90 ммрт.ст. Какой гипотензивный препарат наиболее целесообразно назначить?

- А. Коринфар.
- Б. Каптоприл.
- В. Лазикс.
- Г. Атенолол.
- Д. Клофелин.
- Е. Дибазол.

3. У пациентки перед тестом с физической нагрузкой на ЭКГ покоя впервые выявлена полная блокада правой ножки пучка Гиса. Ваша тактика в данном случае?

- А. Выполнить исследование для исключения ИБС по субмаксимальному.
 - Б. Протоколу.
 - В. Выполнить тест по щадящему протоколу.
 - Г. Госпитализировать пациентку.
 - Д. Выполнить тест после тщательного дообследования и наблюдения.
 - Е. Отложить проведение теста на неопределенное время.
 - Ж. Перед проведением теста назначить холтеровское мониторирование ЭКГ.
3. Тест не выполнять

Эталоны ответов;

2-й - В.Е;

2-й - Б;

3-й - Г

3. ВИДЫ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Используемые в функциональных исследованиях виды физической нагрузки можно подразделить на: статические, динамические, комбинированные. В настоящее время применяют преимущественно динамические физические нагрузки.

3.1. Тесты с динамической нагрузкой

Тесты с динамической нагрузкой являются более физиологичными, и поэтому более приемлемыми для исследования сердечно-сосудистой системы. Их выполнение связано с укорочением мышечных волокон, поэтому они называются анизометрическими или изотоническими. При этом выполняется механическая работа, которую можно дозировать в единицах мощности - ваттах и кгм/мин.: 1 ватт (Вт) соответствует 6 кгм/мин, и наоборот, 1 кгм/мин – 0,167 Вт.

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. Динамические нагрузки наиболее распространены в кардиологической практике, поэтому в дальнейшем под термином «тест с ФН» будет подразумеваться именно тест с дозированной динамической нагрузкой.

Аппаратура для выполнения динамических нагрузок. При проведении тестов с дозированной динамической нагрузкой обычно используются два основных приспособления: велоэргометр (сидячий или горизонтальный), и бегущая дорожка (тредмил). Такие нагрузочные пробы как ступенчатая (с использованием ступенек, проба Мастера) и ручная эргометрия в последнее время используются достаточно ограниченно.

Каждое из приспособлений имеет свои особенности, свои преимущества и недостатки, которые должны учитываться при назначении теста с ФН.

3.1.1. Тесты с использованием велоэргометра

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

Существует много различных модификаций велоэргометров. Все они делятся на 2 типа: с механической и электрической тормозной системой.

В механических эргометрах выполняемая работа пропорциональная прилагаемой силе и числу оборотов колеса. Для сохранения стабильного уровня нагрузки при работе на механическом велоэргометре необходимо строгое соблюдение скорости вращения педалей – 60 оборотов в минуту, так как снижение скорости вращения приводит к уменьшению, а ее повышение – к увеличению мощности выполняемой нагрузки.

В велоэргометрах с электрическим приводом различной силы торможение обеспечивается перемещением в электромагнитном поле проводника в виде металлической полосы на наружной части колеса. В отличие от механических велоэргометров, при работе на электрически тормозящем эргометре мощность нагрузки удерживается постоянной при частоте вращения педалей в диапазоне от 30 до 70 оборотов в минуту.

Независимо от типа эргометра, они должны иметь возможность инкрементно (дробно, пошагово) дозировать нагрузку. Велоэргометры калибруются в килограммометрах (кгм), или ваттах. 1 ватт (1Вт) эквивалентен 6,1 кгм/мин, $1 \text{ кгм/мин} = 0,167 \text{ Вт}$.

Велоэргометр менее дорог, занимает меньше пространства и производит меньше шума, чем тредмил. Движения верхней половины тела при велоэргометрии менее выражены, чем при работе на тредмиле, что облегчает запись ЭКГ и измерение АД. Основное ограничение в проведении теста на велоэргометре – это непривычное положение тела и утомление четырехглавых мышц бедра. Обычно усталость в ногах у неопытного «велосипедиста» заставляет пациента прекращать нагрузку прежде, чем достигается истинное МПК.

Следует отметить, что при проведении ВЭМ испытуемый, сидящий в седле велоэргометра, не выполняет работу по перемещению собственной массы, как при нагрузке на тредмиле. Именно этим отчасти объясняется несколько меньшее потребление кислорода при максимальных нагрузках на велоэргометре, чем во время проведения теста на тредмиле.

Таким образом, при проведении ВЭМ максимальное потребление кислорода у лиц, не приспособленных к работе на велоэргометре, оказывается на 5-20% ниже, чем при нагрузке на тредмиле.

К преимуществам ВЭМ относится возможность проводить исследование в различных положениях. В основном применяется ВЭМ в положении сидя. Существуют велоэргометры на которых пациент находится в положении лежа или полулежа. Такая методика применяется, например, при проведении стресс ЭхоКГ. Выполнение физической работы в положении лежа приводит к значительному приросту венозного возврата крови к сердцу, что делает работу гемодинамически более напряженной и снижает показатели пороговой нагрузки.

Значения достигнутого потребления кислорода в МЕТ при непрерывно-возрастающей нагрузке на велоэргометре в зависимости от массы тела обследуемых представлены в таблице 7.

Таблица 7

Энергетические затраты (МЕТ) при велоэргометрии

Масса тела, кг	Уровень нагрузки (Кгм x мин ⁻¹ и ватты)						
	300 50	450 75	600 100	750 125	900 150	1050 175	1200 200
50	5,1	6,9	8,6	10,3	12,0	13,7	15,4
60	4,3	5,7	7,1	8,6	10,0	11,4	12,9
70	3,7	4,9	6,1	7,3	8,6	9,8	11,0
80	3,2	4,3	5,4	6,4	7,5	8,6	9,6
90	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6
100	2,6	3,4	4,3	5,1	6,0	6,9	7,7

То же самое можно выразить уравнением:

$$\text{MET} = (90 + 3,44 \times \text{Вт}) / \text{вес в кг}$$

(из инструкции к стресс-системе SICARD 460, производства Siemens).

Протоколы нагрузочного теста на велоэргометре. Под «протоколом» понимается выбор начальной ступени и шага увеличения нагрузки.

Существуют 4 вида протоколов нагрузочных тестов:

- непрерывные ступенчатые;
- многоступенчатые с возрастающей мощностью нагрузки и паузами отдыха между ступенями (прерывистые);
- ступенчатые непрерывно-возрастающие
- непрерывно-возрастающие типа «рэмп» (наклон).

Наиболее часто используемыми в отечественной практике являются ступенчатые непрерывно-возрастающие протоколы, когда продолжительность каждой ступени колеблется от 2 до 5 мин (обычно 3 мин, время необходимое для стабилизации гемодинамических параметров).

Величина начальной нагрузки при стандартном протоколе в зависимости от степени тренированности составляет 25-50 Вт (у тренированных лиц 75 Вт), прирост мощности нагрузки на каждой ступени также равен 25-50 Вт (табл. 8).

Кроме данного протокола можно использовать другие протоколы, например, протокол ВОЗ: 25-50 75-100 Вт и т.д. по 2 мин.; протокол Хольманна: 30-70-110-150-190 Вт по 3 мин. За рубежом также используется непрерывно-возрастающие протоколы Bruce (нагрузка увеличивается каждые 2,5 мин на 50 Вт) и «скандинавский» тест (начальная нагрузка 50 Вт увеличивается каждые 5 мин на 33 Вт). Последние отечественные и зарубежные руководства по нагрузочному тестированию рекомендуют выбирать такой протокол теста, который позволит достигнуть планируемого критерия прекращения за 6-12 (идеально, если 8-12) минут работы. Именно этого времени достаточно для того, чтобы, с одной стороны, оценить адекватность гемодинамических параметров на каждой ступени, с другой – обеспечить преимущественно аэробный характер нагрузки.

Показано, что при непрерывных нагрузках, продолжавшихся более 17 минут, МПК было достоверно ниже, чем при тестах средней продолжительности. Предполагается, что это связано с тепловой перегрузкой, усталостью дыхательных мышц и др. В то же время при непродолжительных тестах (менее 8 минут) МПК также оказывается ниже истинного.

Таблица 8

Стандартный протокол ВЭМ исследования

Ступени нагрузки	Мощность нагрузки, Вт	Длительность ступени	Потребление O ₂ , мл/кг/мин	МЕТ, единицы (при весе 75кг)
1	25	3	9	2,5
2	50	3	12	3,2
3	75	3	17,5	5
4	100	3	22	6,3
5	125	3	26,5	7,5
6	150	3	30	8,5
7	175	3	32,5	9,2
8	200	3	38,5	11
9	225	3	43	12,3
10	250	3	47	13,5

Оптимальный протокол – это тот протокол, при котором удается достичь максимальной нагрузки. Это повышает чувствительность и специфичность пробы. Чтобы достичь действительно максимальной нагрузки, ее повышение должно быть постепенным с одной стороны, с другой – достаточной для достижения потребления кислорода, составляющего 70-75% от МПК, что соответствует приблизительно 75-85% максимальной возрастной ЧСС. Только в этом случае достигается достаточно точная оценка физической работоспособности и адекватности реакции АД и ЧСС на нагрузку.

При тестировании пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями для выбора максимально индивидуализированного протокола можно использовать анкету DASI (DukeActivityStatusIndex), известную как Индекс Активности Университета Дюка (табл. 9).

Таблица 9

Индекс Активности Университета Дюка

МОЖЕТЕ ЛИ ВЫ:		
1	Обслужить себя (покушать, одеться, принять ванну)?	2,75
2	Передвигаться по дому?	1,75
3	Пройти квартал или два по ровной поверхности?	2,75
4	Подняться по ступенькам на один этаж или подняться на холм?	5,50
5	Пробежать короткую дистанцию?	8,00
6	Выполнить легкую работу по дому (помыть посуду, вытереть пыль)?	2,70
7	Выполнить более тяжелую работу по дому (подмести пол, Пропылесосить)?	3,50
8	Выполнить тяжелую работу по дому (натереть пол, поднять и передвинуть тяжелую мебель)?	8,00
9	Выполнить работу в саду (сгрести листья, прополоть сорняки)?	4,50
10	Заниматься сексом?	5,25
11	Заниматься такими видами двигательной активности как гольф, кегли, танцы, теннис)?	6,00
12	Заниматься более интенсивными видами спорта, такими как плавание, футбол, баскетбол?	7,50

Сумма баллов подставляется в формулу:

$$\text{MET} = (0,43 \times \text{баллы} + 9,6) / 3,5$$

Полученная величина будет характеризовать исходные функциональные возможности пациента.

Предполагаемую максимальную для данного пациента нагрузку можно рассчитать по формуле:

$$W_{\text{max}} (\text{Вт}) = (\text{MET} \times \text{масса тела (кг)} - 90) / 3,44$$

Полученное значение расчетной максимальной мощности нагрузки следует разделить на 3 или 4, чтобы запланированная продолжительность теста продолжалась, соответственно, 9 или 12 мин.

Учитывая, что мощность максимальной нагрузки в ваттах линейно взаимосвязана с мышечной массой обследуемых и ростом, а также зависит от возраста и пола, при тестировании здоровых лиц для расчета оптимального протокола дозирования нагрузки можно использовать методику, предложенную В.В. Власовым (1995) и модифицированную Т.В. Тавровской (2007). Для этого определяется индекс массы тела (ИМТ = частное от деления массы тела в килограммах на квадрат роста в метрах) и, когда фактический вес превышает 110% должного (должный вес: ИМТ < 25), в расчете используется так называемая «тощая масса тела» (ТМТ). Для мужчин она рассчитывается по формуле:

ТМТ = Должная масса тела + 0,41 x (фактическая масса тела – должная масса тела); а для женщин по формуле:

ТМТ = Должная масса тела + 0,25 x (фактическая масса тела – должная масса тела);

Для мужчин субмаксимальная нагрузка в ваттах (85% от максимальной возрастной ЧСС, около 75% от предполагаемой максимальной мощности) определяется по формуле:

$$W \text{ (Вт)} = 73 + 2,15 \times \text{масса тела (ТМТ)} - 2,12 \times \text{возраст};$$

а для женщин по формуле:

$$W \text{ (Вт)} = 45,6 + 1,93 \times \text{масса тела (ТМТ)} - 1,45 \times \text{возраст};$$

При этом масса тела измеряется в килограммах, а возраст – в годах.

Полученное значение субмаксимальной нагрузки следует разделить на 3, получив при этом величину первой ступени и равной ей шага увеличения нагрузки.

Пример 1. Для женщины 50 лет массой 90 кг и ростом 162 см

ИМТ = $90 / 1,62^2 = 34,4$, что больше 110% должного (должный вес: $25 \times 1,62^2 = 65,6$ кг). Тогда предполагаемая субмаксимальная мощность нагрузки будет равна: $W \text{ (Вт)} = 45,6 + 1,93 \times ((65,6 + 0,25 \times (90 - 65,6)) - 1,45 \times 50 = 112$;

Первая ступень и шаг увеличения нагрузки будут равны: $112 / 3 = 37$ Вт, т.е. с учетом минимального шага дозирования нагрузки на велоэргометре в 5 Вт нагрузку можно дозировать по 35 или 40 Вт, ожидая, что субмаксимальную ЧСС пациентка достигнет за 8-9 мин работы.

Для выбора протокола теста можно учитывать данные Т.В. Тавровской (2007): на основе анализа 655 ВЭМ, проведенных у взрослых, не имеющих исходных заболеваний сердца установлено, что женщины достигают субмаксимальной возрастной ЧСС (85% от максимальной, определенной по таблицам Шеффилда в модификации Б.М. Липовецкого) при мощности нагрузки 1,4 Вт/кг, а максимальной утомляемости – при 2 Вт/кг; в то время как мужчины – при 2 Вт/кг и 2,5 Вт/кг соответственно. В случае если планируемая продолжительность теста составляет 9 мин, величина первой ступени и шага увеличения нагрузки будет соответствовать 1/3 от расчетной субмаксимальной или максимальной мощности нагрузки (Вт/кг x масса тела в кг).

При этом у лиц с избыточной массой тела вместо истинного веса лучше использовать ТМТ (см. выше).

Пример2. Женщина 50 лет с массой тела 90 кг и ростом 162 см достигнет субмаксимальной ЧСС на мощности нагрузки: $W = 1,4 \times (65,6 + 0,25 \times (90 - 65,6)) = 100$ Вт; т.е. дозировать нагрузку ей надо по 30 или 35 Вт.

3.1.2. Тесты с использованием бегущей дорожки (тредмила)

Тредмил представляет собой дорожку, способную двигаться с нарастающей скоростью (от 1 до 16 км/ч). Пациент встает на дорожку и шагает в соответствии со скоростью движения дорожки. Фактически во время теста имитируется ходьба по ровной местности или в гору, при этом скорость движения дорожки и угол наклона задаются пациенту в зависимости от выбранного протокола. Угол наклона дорожки выражается в специальных процентах: подъем на 5 см относительно медианы дорожки соответствует 5% ($2,5^\circ$).

Протоколы нагрузочного теста на тредмиле. Протоколы нагрузочного теста различаются по скорости движения дорожки, углу наклона тредмила, длительности ступеней и изменению параметров ходьбы на каждой из них. Существует ряд стандартных общепринятых протоколов для различных категорий пациентов (табл. 10).

На выбор оптимального протокола нагрузочного тестирования влияют: тяжесть патологии сердечно-сосудистой системы, наличие сопутствующей патологии, толерантность к физической нагрузке, задача исследования, возраст пациента.

Таблица 10

Протоколы физической нагрузки на тредмиле

Ступень	Скорость		Угол наклона, %	Длительность, мин
	миль/ч	Км/ч		
1	2	3	4	5
Протокол R.Bruce				
1	1,7	2,7	10,0	3
2	2,5	4,0	12,0	3
3	3,4	5,4	14,0	3
4	4,2	6,7	16,0	3
5	5,0	8,0	18,0	3
6	5,5	8,8	20,0	3
7	6,0	9,6	22,0	3
Протокол модифицированный R.Bruce (MODBRUCE)				
1	1,7	2,7	0,0	3
2	1,7	2,7	5,0	3
3	1,7	2,7	10,0	3
4	2,5	4,0	12,0	3
5	3,4	5,4	14,0	3
6	4,2	6,7	16,0	3
7	5,0	8,0	18,0	3
8	5,5	8,8	20,0	3
9	6,0	9,6	22,0	3

Протокол Cornell				
1	1,7	2,7	0,0	2
2	1,7	2,7	5,0	2
3	1,7	2,7	10,0	2
4	2,1	3,3	11,0	2
5	2,7	4,4	12,0	2
6	3,0	4,8	13,0	2
7	3,4	5,4	14,0	2
8	3,8	6,1	15,0	2
9	4,2	6,7	16,0	2
10	4,6	7,4	17,0	2
11	5,0	8,0	18,0	2
12	5,0	8,0	19,0	2
13	5,5	8,8	19,0	2
Протокол J. Naughton				
1	1,0	1,6	0,0	2
2	2,0	3,2	0,0	2
3	2,0	3,2	3,5	2
4	2,0	3,2	7,0	2
5	2,0	3,2	10,5	2
6	2,0	3,2	14,0	2
7	2,0	3,2	17,5	2
8	2,0	3,2	19,0	2
9	2,0	3,2	20,0	2
10	2,0	3,2	22,5	2
Протокол B. Balke				
1	3,0	4,8	2,0	1
2	3,0	4,8	3,0	1
3	3,0	4,8	4,0	1
4	3,0	4,8	5,0	1
5	3,0	4,8	6,0	1

6	3,0	4,8	7,0	1
7	3,0	4,8	8,0	1
8	3,0	4,8	9,0	1
9	3,0	4,8	10,0	1
10	3,0	4,8	11,0	1
11	3,0	4,8	12,0	1
12	3,0	4,8	13,0	1
13	3,0	4,8	14,0	1
14	3,0	4,8	15,0	1
15	3,0	4,8	16,0	1

Для пациентов с предполагаемой хорошей переносимостью нагрузки чаще всего используется протокол BRUCE с быстрым темпом прироста скорости движения дорожки и угла наклона. Этот протокол может использоваться у здоровых лиц и пациентов в возрасте до 75 лет при отсутствии значимой сопутствующей патологии и каких-либо противопоказаний к нагрузочному тестированию.

Если есть сомнения в возможности удачного завершения теста, в том числе одно из относительных противопоказаний к тестированию, целесообразно использовать модифицированный BRUCE (ModBRUCE). При использовании этого протокола осуществляется более медленное нарастание нагрузки на первых трех ступенях. Основанием для его использования является также предположение врача о невысоком уровне толерантности к физической нагрузке у пациента. Пациент может устать раньше, чем достигнет субмаксимальной ЧСС, и проба будет не информативна. Для пациентов старше 75 лет также рекомендуется ModBRUCE или более щадящие протоколы.

Протоколы J. Naughton и V. Balke используются для тестирования пациентов с очень низкой толерантностью к физической нагрузке и/или пациентов с недостаточностью кровообращения.

Нередко в самом начале нагрузочного теста возникает необходимость уменьшения скорости движения или угла наклона дорожки. Чаще такая ситуация возникает при тестировании пожилых пациентов или лиц с низкой толерантностью к физической нагрузке. При этом в заключении необходимо указать изменение стандартного режима тестирования, например в следующей форме: «Использован протокол Brucec последующим ручным снижением скорости и угла наклона на 2-й ступени теста».

При наличии выраженной нервозности перед исследованием можно использовать пробную ходьбу. Для этого нужно включить тредмил на небольшой скорости (около 1-1,5 мили/час), дать пациенту попробовать пройти 1-2 минуты, прекратить нагрузку и только после этого приступить к выполнению стандартного протокола. У большинства больных, впервые проходящих нагрузочное тестирование, на первых же минутах теста значительно повышается уровень АД и ЧСС только из-за страха и волнения. Это может значительно исказить результат тестирования.

Группой авторов (Сыркин А.Л., Аксельрод А.С., Чомахидзе П.Ш., 2008) на основе стандартных протоколов были созданы два протокола –Х-BRUCЕиWEAK (табл. 11). Первый из них отличается от стандартного протокола BRUCE более короткими ступенями, то есть быстрым нарастанием нагрузки и более высокой скоростью в начале теста. Этот протокол используется для пациентов имеющих очень высокую толерантность к физической нагрузке.

Напротив, для пациентов с тяжелой сердечно-сосудистой и другой сопутствующей патологией, а также при наличии одновременно нескольких относительных противопоказаний был создан протокол WEAK , в котором нарастание скорости на первых ступенях нагрузки меньше, что переносится больными значительно легче.

Протоколы X-BRUCE и WEAK

Ступень	Скорость		Угол наклона, %	Длительность, мин
	миль/ч	км/ч		
1	2	3	4	5
Протокол X-Bruce				
1	1,6	2,6	10	2:30
2	2,6	4,2	12	2:30
3	3,3	5,3	14	2:30
4	4,1	6,7	16	2:30
5	5,0	8,0	18	2:30
6	6,0	9,6	20	2:30
7	7,0	11,2	22	2:30
8	8,0	12,8	24	2:30
9	9,0	14,4	26	2:30
10	10,0	16,0	28	2:30
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

Для молодых, тренированных людей очень удобен протокол Блейка: скорость ходьбы составляет 4,8; 5,6 и 6,4км/ч, каждая ступень длится 2 мин.

Если тестирование проводится для диагностики ИБС и пациентом достигнуто один из критериев положительного теста, тип протокола не имеет принципиального значения. При необходимости динамического наблюдения, и периодических повторах тестирования протокол должен быть одним и тем же.

3.2. Субмаксимальное и максимальное тестирование

Тестирование может быть максимальным и субмаксимальным.

Максимальной считается нагрузка, при которой достигается МПК. Клиническим эквивалентом максимальной нагрузки является максимальное утомление. Максимальной нагрузке (максимальному утомлению) соответствует максимальная для обследуемого ЧСС. Под субмаксимальной понимается нагрузка, соответствующая определенной доле от предварительно определенной максимальной нагрузки. Были разработаны зависящие от возраста и пола нормативы ЧСС максимальной и субмаксимальной ФН (табл. 12, 13). Из них в свое время наиболее широкое распространение получили нормативы, предложенные К. Andersen (1971), и рекомендованные к применению Комитетом экспертов ВОЗ (табл. 13). 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 нетренированных. Это обстоятельство было учтено в нормативах, предложенных L. Sheffield и D. Roitman (1976) (табл. 14).

Таблица 12

ЧСС при разных уровнях потребления кислорода во время физической нагрузки (Andersen K. et al., 1971)

Процент от максимальной нагрузки	Возраст (лет)									
	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

**Частота сердечных сокращений 85% максимальной
возрастной нормы (цитируется по В.М. Михайлову, 2005)**

ЧСС	Возраст (лет)										
	16-20	21-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69
85%	179	177	175	173	172	170	168	166	164	162	158

Чрезмерное увеличение ЧСС при нагрузках происходит при недостаточной физической подготовленности человека (вследствие гиподинамии, перенесенных заболеваний), при ИЦД, гиперфункции щитовидной железы, применении симпатомиметиков. Наоборот, недостаточное учащение сердечных сокращений наблюдается у лиц, принимающих бета-адреноблокаторы, верапамил, амиодарон, сердечные гликозиды.

На деле для расчета максимальной ЧСС используются две формулы:

Макс. ЧСС = 220 – (возраст, годы),

Макс. ЧСС = 200 – (возраст, годы) /2;

**ЧСС при разных уровнях потребления кислорода в зависимости
от возраста и степени тренированности (L.Sheffield.,D.Roitman, 1976)**

Степень тренированности	Процент от максимальной нагрузки	Возраст, годы														
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
		ЧСС в мин														
Слабая	100	197	195	193	191	189	187	184	182	180	178	176	174	172	170	168
	90	177	175	173	172	170	168	166	164	162	160	158	157	155	153	151
	75	148	146	144	143	142	140	138	137	135	134	132	131	129	128	126
	60	118	117	115	114	113	112	110	109	108	107	106	104	103	102	101
Высокая	100	190	188	186	184	182	180	177	175	173	171	169	167	165	163	161
	90	171	169	167	166	164	162	159	158	156	154	152	150	149	147	145
	75	143	141	140	138	137	135	133	131	130	128	127	125	124	122	121
	60	114	113	112	110	109	106	105	104	103	101	100	99	98	97	-

При этом расчетная максимальная ЧСС может оказаться значительно выше или ниже фактической максимальной ЧСС, т.е. максимальная ЧСС для одних пациентов оказывается действительно максимальной, для других – выше, а для третьих – ниже реального максимального уровня.

Учитывая значительные индивидуальные колебания максимальной возрастной ЧСС, зарубежные руководства не рекомендуют использовать ее в качестве критерия прекращения нагрузки. На ЧСС ориентируются только при проведении субмаксимальной нагрузочной пробы. В большинстве случаев в кардиологической практике применяют субмаксимальные (85%) нагрузки.

Для расчета субмаксимальной ЧСС можно также использовать формулу Г.М. Яковлева (1979): $ЧСС_{целевая} = ЧСС_1 + K(215 - \text{возраст} - ЧСС_1)$, где:

$ЧСС_1$ – ЧСС в покое, K – коэффициент поправки (0,9 для спортсменов; 0,8 – для здоровых; 0,7 – для больных ИБС; 0,6 – для перенесших инфаркт миокарда). Если ЧСС во время физической нагрузки не превышает 85% расчетной максимальной ЧСС, а на ЭКГ нет значимых изменений, пробу считают неинформативной. При наличии значимых изменений ЭКГ пробу считают положительной независимо от достигнутой ЧСС.

Субъективная тяжесть нагрузки – более надежный показатель достижения максимальной нагрузки. Максимальным считается такой тест, при котором достигнуто максимальное утомление (точка телесного изнеможения) или появляются клинические симптомы, требующие прекращения нагрузки. В последнем случае тест называется симптомограниченным (*symptom-limited maximum exercisetest*).

Субъективная оценка пациентом интенсивности выполненной нагрузки является надежным показателем утомляемости. Поэтому, для определения интенсивности нагрузки рекомендуется ориентироваться не только на целевую ЧСС, а использовать шкалу субъективной оценки испытанного усилия, разработанную Боргом (табл.15).

Шкала субъективной оценки выполненной нагрузки (шкала Борга)

15-уровневая	10-уровневая
6	0 – нет нагрузки
7 – очень очень легкая	0,5 – крайне незначительная
8	1 – очень легкая
9 – очень легкая	2 – легкая
10	3 – умеренная
11 – фактически легкая	4 – средне-тяжелая
12	5 – тяжелая
13 – умеренно тяжелая	6
14	7 – очень тяжелая
15 – тяжелая	8
16	9
17 – очень тяжелая	10 – почти максимальная
18	
19 – крайне тяжелая	* - максимальная
20	

Примечание: слева – оригинальная 15-уровневая шкала, справа - модифицированная самим автором 10-уровневая шкала (из Borg G.A. MedSciSports Exerc. 1982; 14:377-387).

Шкала основана на том, что степень испытанного усилия и ЧСС линейно взаимосвязаны друг с другом, а также с интенсивностью нагрузки. Больной сам отмечает тяжесть нагрузки на специальной шкале. При этом его просят учитывать общее самочувствие во время нагрузки, а не те ощущения, которые заставили его остановиться (такие например, как усталость в ногах). Хотя эта оценка субъективна, показано, что она достаточно хорошо воспроизводима, и при этом максимальная оценка тяжести хорошо соотносится с максимальной физической нагрузкой.

Оригинальная 15-уровневая шкала отражает реальную ЧСС у молодых людей. Она создана таким образом, что, прибавляя ноль к каждой цифре, полу-

чается та ЧСС, которая соответствует данной интенсивности нагрузки. Например, нагрузка в 13 баллов соответствует ЧСС=130 уд/мин. Поскольку с возрастом максимальная ЧСС снижается, то, у пожилых людей величина испытанного усилия не отражает действительных показателей ЧСС. Однако линейная зависимость между ЧСС и интенсивностью нагрузки сохраняется у людей любого возраста.

Данная шкала используется для выбора тренирующего режима, как у здоровых лиц, так и у пациентов с заболеваниями сердца. При этом нагрузка менее 5 баллов (по модифицированной 10-уровневой шкале) считается легкой (40-60% от максимальной), 5 баллов – средней (60-75% от максимальной) и 7-10 баллов - тяжелой (75-90% максимальной). Максимальной считается нагрузка более 18 баллов по обычной шкале Борга и более 9 по модифицированной шкале. Шкала Борга может помочь клиницисту в оценке степени усталости, достигаемой пациентом при повторных тестированиях или соотносить уровень усталости в момент исследования с той, которую пациент испытывает в течение ежедневной деятельности.

«Симптомограниченное тестирование» с использованием шкалы Борга является чрезвычайно важным при проведении тестов, целью которых является оценка функциональных возможностей обследуемых.

3.3. Осложнения ЭКГ-теста с физической нагрузкой

Осложнения бывают редко, но все же случаются. Сердечно-сосудистые осложнения наблюдаются в основном у больных с ИБС. Среди населения в целом риск остановки кровообращения составляет 1:565 000 человеко-часов физической нагрузки, среди больных ИБС – 1:59 000. Физическая нагрузка может спровоцировать острый коронарный синдром. Инфаркт миокарда возникает с частотой 1,4:10000 тестов с ФН.

Осложнения ЭКГ-теста с физической нагрузкой. Виды осложнений можно группировать следующим образом.

1. Сердечно-сосудистые осложнения:

Остановка кровообращения.

Ишемия миокарда (стенокардия, инфаркт миокарда).

Аритмии (наджелудочковая тахикардия, мерцательная аритмия, желудочковая тахикардия, фибрилляция желудочков).

Нарушения проводимости: блокады ножек пучка Гиса, АВ-блокады.

Сердечная недостаточность.

Артериальная гипертензия.

Артериальная гипотония.

Разрыв аневризмы аорты.

2. Заболевания, предрасполагающие к сердечно-сосудистым осложнениям;

Гипертрофическая кардиомиопатия.

Аномалии отхождения коронарных артерий, коронарные фистулы.

Идиопатическая гипертрофия левого желудочка.

Синдром Марфана.

Аортальный стеноз.

Аритмогенная дисплазия правого желудочка.

Врожденные пороки сердца.

Миокардит.

Перикардит.

Амилоидоз.

Саркоидоз.

Удлинение интервала QT.

Серповидноклеточная анемия

Внезапная смерть.

3. Легочные осложнения:

Бронхоспазм (в частности, при бронхиальной астме физического усилия).

Пневмоторакс.

Анафилактические реакции физического усилия.

Обострение хронических легочных заболеваний.

4. Желудочно-кишечные осложнения:

Рвота.
Боли в животе.
Понос.

5. Неврологические осложнения:

Головокружение.
Обмороки, предобморочные состояния.
Инсульты.

6. Осложнения со стороны опорно-двигательного аппарата:

Травмы.
Повреждение позвоночника.
Повреждение суставов, боли в суставах.
Мышечные судороги, боли в мышцах.
Обострение заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Аритмии чаще возникают у больных с аритмиями в анамнезе – 9% случаев, тогда как в среднем риск аритмий составляет 0,1%. Мерцательная аритмия возникает чаще всего, с частотой 9,5:10 000 тестов. Желудочковая тахикардия возникает реже, с частотой 5,8:10 000 проб. Фибрилляция желудочков бывает еще реже - с частотой 0,67:10 000 проб.

Смерть при правильном проведении теста с ФН наступает очень редко, ее вероятность – 1:25 000 проб. Чаще всего это внезапная сердечная смерть, или смерть в результате инфаркта миокарда.

3.4. Абсолютные и относительные показания к прекращению ЭКГ- теста с физической нагрузкой

Абсолютные показания:

- инфаркт миокарда (или подозрение на него);
- умеренная, тяжелая или усиливающаяся стенокардия (3 балла по 5-ти балльной шкале) с депрессией сегмента ST или без нее;

- отсутствие повышения или снижение систолического АД при увеличении нагрузки, или его снижение ниже исходного уровня в сочетании с другими признаками ишемии миокарда;
- значительное повышение АД (более 230/120 мм рт. ст.);
- развитие приступа удушья, выраженной (необычной для больного) одышки;
- неврологические симптомы, в том числе атаксия, головокружение, нарушение зрения, походки, спутанность сознания;
- появление резкой слабости, сильной головной боли, тошноты;
- признаки снижения перфузии периферических тканей (бледность кожных покровов, цианоз, холодная и влажная кожа);
- выраженное утомление, боли в икроножных мышцах;
- нарушения сердечного ритма и проводимости (АВ-блокада 2-й степени, полная АВ-блокада, частые желудочковая экстрасистолия (1:10) в том числе политопная, групповая, пароксизмы выраженной суправентрикулярной или желудочковой тахикардии, мерцательная аритмия с высокой ЧСС);
- безболевая элевация сегмента ST более 1 мм от исходного уровня в отведениях без патологического зубца Q (кроме V1 и AVR);
- невозможность следить за ЭКГ;
- требование больного.

Относительные показания:

- любая боль в груди, интенсивность которой нарастает;
- безболевая депрессия сегмента ST по ишемическому типу (горизонтальная или косонисходящая) более 2 мм от исходного уровня или изменения электрической оси;
- нарушение внутрижелудочковой проводимости;
- неизменность или снижение систолического АД при увеличении мощности нагрузки без других признаков ишемии миокарда;
- неопасные нарушения ритма;
- выраженные сухие хрипы в легких;

- ухудшение общего состояния больного, возникновение сильной усталости и одышки.

При отсутствии вышеперечисленных признаков пробу следует закончить, достигнув запланированной (максимальной или субмаксимальной) ЧСС.

Учитывая существенные различия в используемых разными исследователями критериях прекращения нагрузки, причина прекращения теста обязательно должна быть указана и конкретизирована в заключении о результатах теста.

Восстановительный период. Снижение нагрузки должно происходить постепенно для предотвращения ваготонических реакций в виде значительного снижения АД и развития брадикардии. Во избежание этого вращение педалей в замедляющем темпе на нулевом уровне нагрузки (при отсутствии сопротивления) должно продолжаться 1-2 мин, затем пациента следует перевести в горизонтальное положение. Наблюдение должно продолжаться в течение 6-8 мин, а если в это время показатели АД, ЧСС и ЭКГ не вернулись к исходным значениям, то - до их нормализации.

В целях выявления отсроченных ишемических реакций на ЭКГ наблюдение за больным продолжают обычно в течение 15-20 мин. С этой же целью полезно сочетать ВЭМ с холтеровским мониторингом ЭКГ. Назначение суточного мониторинга ЭКГ абсолютно показано в случае наличия стресс-индуцированных нарушений сердечного ритма.

Патологические изменения ЭКГ, появляющиеся только в периоде восстановления, встречаются нечасто и более вероятны для ложноположительных ответов. С другой стороны, механическая дисфункция или патологические электрофизиологические ответы в ишемизированном левом желудочке после нагрузки могут проявляться через несколько минут или даже часов после теста. По данным М.Л. Поллока и Д.Х. Шмидта (2000) снижение сегмента ST только в восстановительном периоде имело прогностическую значимость в отношении ИБС (по данным ангиографии), равную 84%. Авторы считают, что депрессию сегмента ST, возникающую только в восстановительном периоде, нельзя рас-

смаивривать как ложноположительную реакцию, и если ее учитывать, то чувствительность нагрузочного теста в выявлении ИБС повышается.

Для дифференциальной диагностики возникшей депрессии сегмента ST (особенно безболевой) можно проводить нитроглицериновую пробу (прием нитроглицерина при отсутствии истинной ишемии не влияет на возникшие изменения сегмента ST). При возникновении выраженного приступа стенокардии, ишемических изменений на ЭКГ, больному рекомендуется принять таблетку нитроглицерина, а на следующий день (утром) назначается контроль активности кардиоспецифических ферментов в крови и ЭКГ.

Контроль артериального давления должен продолжаться в течение всего периода восстановления, так как в этот период возможны патологические ответы с его стороны.

Тестовые вопросы и задания:

Инструкция: Выберите один правильный ответ из нескольких предложенных.

1. Пациенту 68 лет, который боится нагрузочной пробы, проводят тестирование по протоколу Naughton. Через две минуты пациент настоятельно требует прекратить исследование, однако объяснить причину не может. Ваши дальнейшие действия:

- А. Уменьшить скорость и наклон дорожки и продолжить тест.
- Б. Продолжить тест в прежнем режиме, пока пациент четко не сформулирует причину своих опасений или не появится значимая динамика ЭКГ.
- В. Продолжать тест в прежнем режиме, вызвать лечащего врача.
- Г. Сразу же прекратить тестирование.

2. У пациента 30 лет было проведено нагрузочное тестирование с целью определения толерантности к нагрузке. Во время проведения теста на последней ступени появилась небольшая одышка, на ЭКГ зарегистрированы отрицательные зубцы T в нескольких отведениях. Ваша дальнейшая тактика:

- А. Продолжить тестирование до достижения субмаксимальной ЧСС.
- Б. Прекратить тест, сидя на велосипеде, контролировать ЭКГ.
- В. На следующий день провести пробу с гипервентиляцией.

Г. Рекомендовать проведение нагрузочного теста на следующий день на фоне приема нитроглицерина.

3. Пациентке 57 лет с периодическими болями в области сердца возникающих на фоне физической нагрузки проводят нагрузочный тест по протоколу ModBRUCE. Через 5 мин появились неприятные ощущения в области сердца, без ЭКГ изменений. Ваша тактика:

- А. Прекратить тестирование, пробу расценить как сомнительную, рекомендовать дальнейшее дообследование (Стресс-ЭхоКГ, КАГ).
- Б. Продолжить тестирование в прежнем режиме до достижения субмаксимальной ЧСС.
- В. Продолжить тестирование до достижения субмаксимальной ЧСС, но с ручным уменьшением угла наклона и скорости дорожки.

Эталоны ответов:

1-й - Г; 2-й - А.В; 3-й - В

4.ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТА

Интерпретация теста с физической нагрузкой должна включать комплексную оценку функциональных возможностей обследуемого, а также – клинического состояния, гемодинамических и электрокардиографических реакций на нагрузку. Реакция на нагрузку может быть физиологической или патологической.

Физиологическая реакция на физическую нагрузку. При выполнении физической нагрузки у здоровых лиц могут отмечаться следующие изменения:

1. Увеличение ЧСС (+15...20...30 уд/мин на каждой ступени в зависимости от тренированности и выбранного протокола), в меньшей степени выражено у спортсменов.

2. Увеличение систолического АД (+20...40 мм рт.ст. на каждой ступени), которое у молодых людей на максимуме нагрузки, как правило, не превышает 200 мм рт.ст., у пожилых – 230 мм рт.ст. Одновременно имеет место снижение или небольшое увеличение диастолического АД.

3. Изменения на ЭКГ:

- прогрессивное укорочение интервала R-R за счет укорочения диастолы; зубец P наслаивается на зубец T предшествующего комплекса QRST, комплекс QRS начинается ниже изолинии, кончается выше. Единственное место определения изолинии – концы зубца P;
- укорочение интервалов P-R и Q-T. Узкие заостренные зубцы P и депрессия сегмента PR;
- небольшое снижение вольтажа зубца R;
- узкие заостренные зубцы P и депрессия сегмента PR как результат предсердного зубца T при значительной ЧСС;
- изменения зубца T. У лиц с исходно высоким зубцом T отмечается прогрессивное снижение его амплитуды. У лиц со сглаженным зубцом T отмечается увеличение, а затем уменьшение его амплитуды. По окончании нагрузки зубец T может увеличиться (вплоть до гигантского), что связано с гиперadreнергической реакцией организма;
- изменения сегмента ST в виде слегка нарастающей депрессии сегмента ST (<2мм и длительностью менее 0,06 с) с депрессией точки J; сегмент ST имеет быстрый косовосходящий характер.

Патологическая реакция на физическую нагрузку может выражаться в следующих реакциях:

1. Неадекватная реакция ЧСС на нагрузку (слишком малый или чрезмерно большой прирост ЧСС).
2. Гипотензия.
3. Значительная гипертензия.
4. Появление приступа стенокардии (или) одышки, признаков сниженной перфузии.
5. Электрокардиографические аномалии (нарушение сердечного ритма, проводимости, изменения электрической оси, амплитуды зубцов и конечной части комплекса QRS).

Не все перечисленные признаки являются критериями положительного диагностического теста. Некоторые авторы предлагают считать единственным критерием положительного теста изменения сегмента ST по ишемическому типу. По данным Н.В. Корнеева и Т.В. Давыдовой (2010) признаками ишемии миокарда (**положительного диагностического теста**) будет появление во время выполнения нагрузки или после ее окончания одного или сочетания двух таких признаков как:

- развитие типичного приступа стенокардии;
- изменения сегмента ST по ишемическому типу (депрессия сегмента ST более чем на 1 мм от исходного уровня горизонтального, косонисходящего, «провисающего» характера в точке J+ 60 мс или элевация сегмента ST более чем на 1 мм от исходного уровня в отведениях без патологического зубца Q (кроме V1 и AVR).

Изменения ЭКГ – основной, но не единственный показатель ЭКГ-теста с физической нагрузкой.

Некоторые принципы интерпретации ЭКГ-теста с физической нагрузкой представлены в таблице 16 (Marwic Т.Н., 1996).

Таблица 16

Принципы интерпретации ЭКГ-теста с физической нагрузкой

- депрессия сегмента ST при ишемии миокарда обычно возникает в боковых отведениях (I, V1-V6);
- при наличии зубцов Q изменения могут быть лишь в отдельных отведениях (например, во II и V2);
- одновременные изменения в нижних и боковых отведениях свидетельствуют о тяжелой ишемии;
- изолированные изменения в нижних и передних отведениях часто оказываются ложными;
- по отведениям, в которых возникает депрессия сегмента ST, нельзя судить о локализации ишемии;

- депрессия сегмента ST без стенокардии указывает на нетяжелое поражение коронарных артерий и низкий риск осложнений;
- депрессия сегмента ST не имеет диагностического значения при блокаде левой ножки пучка Гиса, приеме сердечных гликозидов, после коронарного шунтирования, после инфаркта миокарда с патологическим зубцом Q, при гипертрофии левого желудочка, синдроме WPW, желудочковой ЭКС;
- подъем сегмента ST в отведениях, где есть патологические зубцы Q, указывают на инфаркт миокарда или аневризму левого желудочка;
- подъем сегмента ST в отведениях, где нет патологических зубцов Q, указывает на трансмуральную ишемию миокарда соответствующей области
- На неблагоприятный прогноз указывают:
- падение систолического АД во время физической нагрузки ниже исходного уровня;
- стенокардия, ограничивающая физическую нагрузку;
- плохая переносимость физической нагрузки (максимальное потребление кислорода менее 5 метаболических эквивалентов);
- косонисходящая депрессия сегмента ST, особенно в восстановительном периоде;
- депрессия сегмента S, проявляющаяся при низком «двойном произведении»;
- стойкая депрессия сегмента ST в восстановительном периоде

В рекомендациях ACC/AHA Practice Guidelines Update for Exercise Testing тест считается положительным при наличии значимой динамики сегмента ST в нескольких отведениях.

Наиболее специфичной является следующая динамика сегмента ST и зубца T (рис. 1).

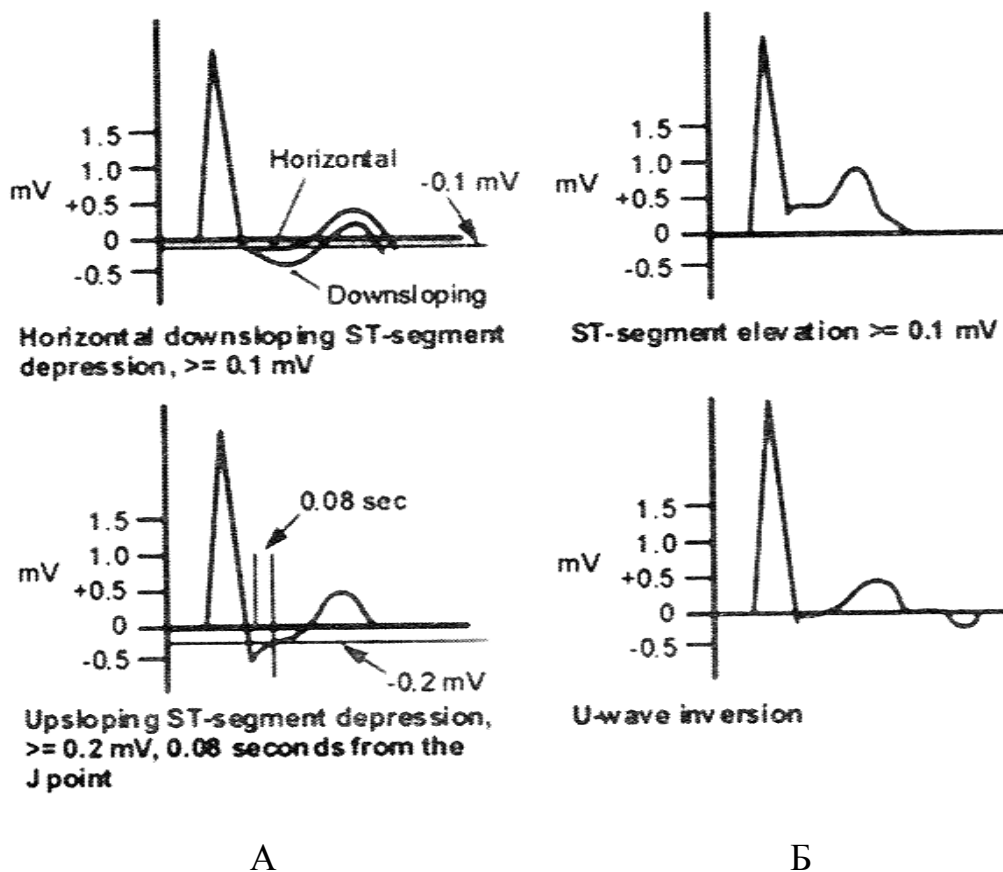


Рис. 1. Наиболее специфичные ЭКГ-критерии положительного нагрузочного теста (по Darrow M. et al., 2000)

- горизонтальная депрессия сегмента ST не менее 1 мм (рис. 1А сверху);
- косонисходящая депрессия сегмента ST в сочетании с отрицательным или двухфазным зубцом T (рис. 1А сверху);
- медленная косовосходящая депрессия сегмента ST не менее 2 мм (рис. 1А внизу);
- элевация сегмента ST (рис. 1Б сверху);
- инверсия зубца U? (рис. 1Б внизу).

Наиболее специфичной для ИБС является нарастающая горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST более 1 мм в сочетании с ангинозным приступом, сохраняющимся как минимум в течение 1-2 мин восстановительного периода.

Неустойчивая депрессия сегмента ST, зарегистрированная во время нагрузочного или восстановительного периода, также является основанием для трактовки результата теста как положительного, однако можно квалифицировать тест как сомнительный.

Если проведение диагностического нагрузочного теста сопровождалось физиологической реакцией, а причиной прекращения послужило достижение предельной максимальной или субмаксимальной(85%) ЧСС тест трактуется как **отрицательный** (рис. 2).

Отрицательный тест может быть:

- а) определенно отрицательным,
- б) отрицательным с особенностями.

Об определенно (недвусмысленно) отрицательном тесте можно говорить в случаях, когда испытуемый достиг заданной возрастной ЧСС, но, несмотря на естественное утомление, у него не возникло ни клинических, ни объективных инструментальных критериев ишемии миокарда.

Об отрицательном тесте с особенностями говорят в случаях, когда при достигнутой возрастной ЧСС во время пробы отмечаются нечастая экстрасистолия (менее 4 в мин), коллаптоидное состояние, головокружение или головная боль, существенное повышение АД (более 230/120 мм рт.ст), реверсия или инверсия зубца T, выраженная одышка, боли в мышцах ног.

Если при проведении диагностического теста появились подозрительные на ишемию миокарда клинические или ЭКГ-симптомы, не являющиеся, однако, достоверными признаками стресс-индуцированной ишемии миокарда, тест с физической нагрузкой трактуется как **сомнительный**.

Сомнительная проба может наблюдаться как при наличии значимого коронарного атеросклероза, так и при его отсутствии (рис. 3).

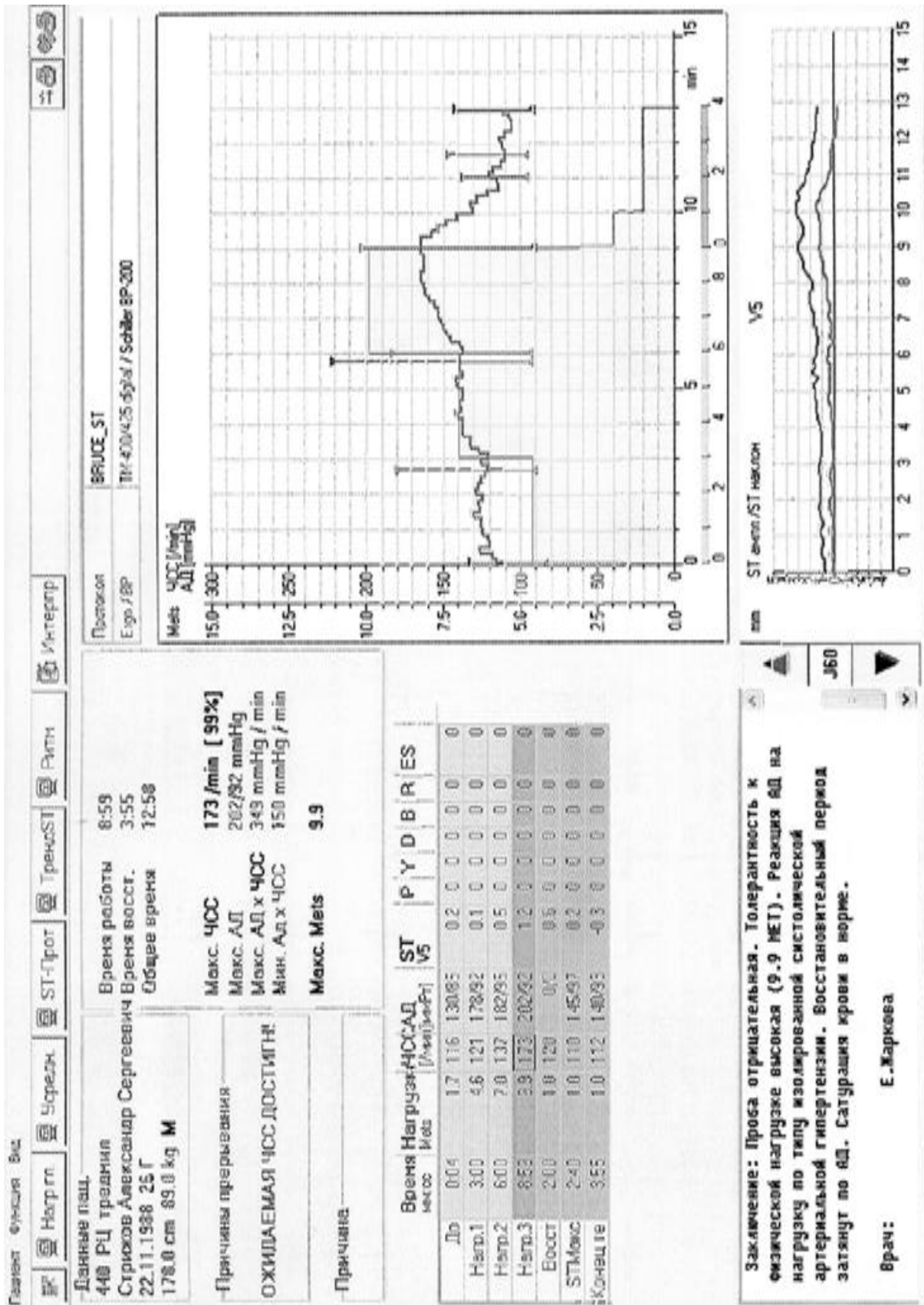


Рис. 2 (А). Пациент С., Протокол BRUCE; Заключение: Тест отрицательный. Толерантность к физической нагрузке высокая (9,9 MET).

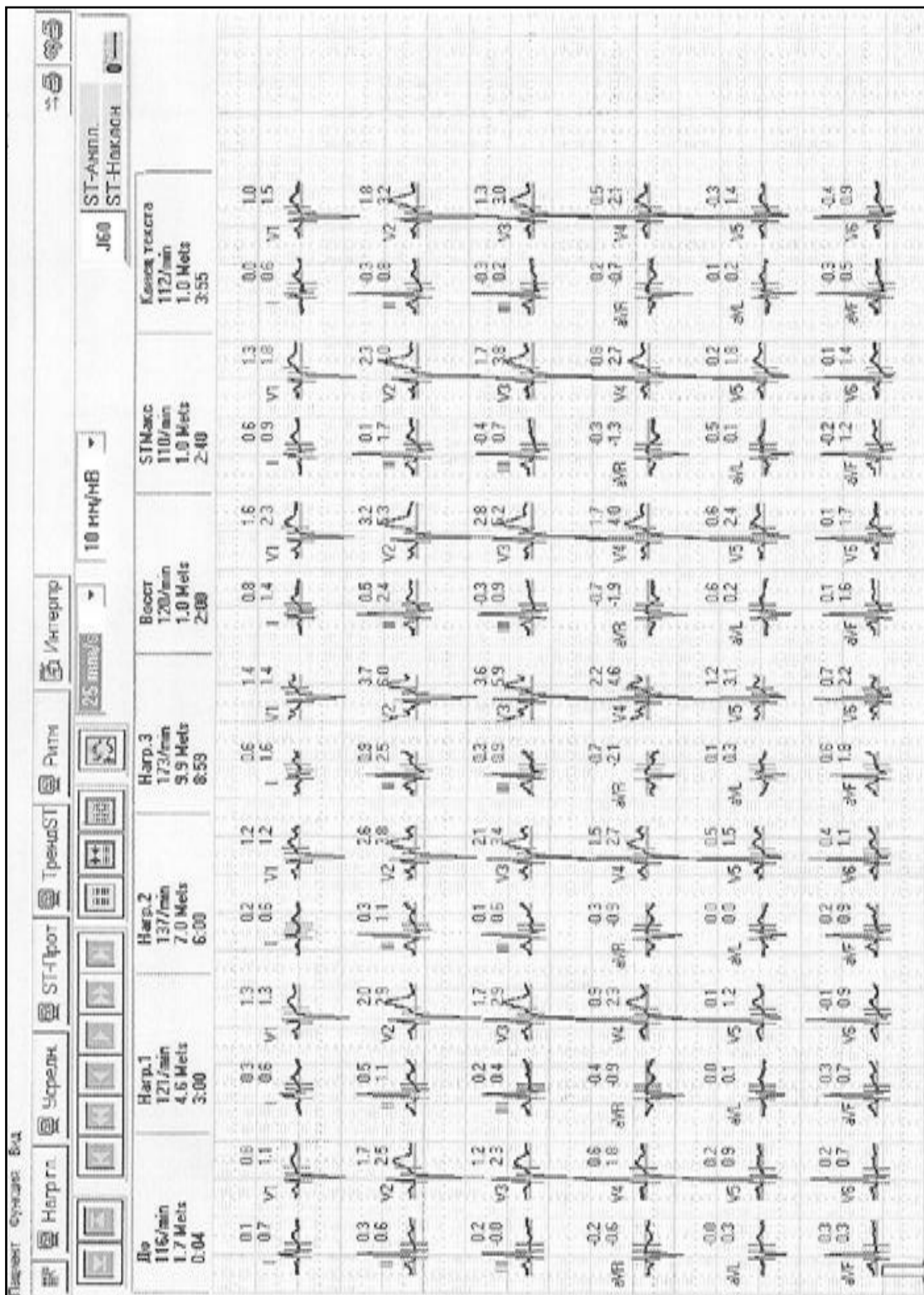


Рис. 2 (Б). Усредненные комплексы

В частности проба расценивается как сомнительная в следующих ситуациях: изолированная инверсия зубца Т в сочетании с типичным ангинозным приступом; неустойчивая не нарастающая горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST менее 1мм без типичного ангинозного приступа, а также быстровосходящая депрессия сегмента ST менее 2 мм; резкое падение АД на фоне нагрузочного теста в сочетании с развитием ангинозного приступа, но при отсутствии значимой динамики ЭКГ, обнаружены нарушения ритма и проводимости (частая или политопная экстрасистолия, пароксизмы наджелудочковой или желудочковой тахикардии, нарушения проводимости). Чем больше изменена исходная ЭКГ, тем больше вероятность получить сомнительный, малоинформативный результат, особенно в тех случаях, когда пациент не предъявляет во время теста жалоб на боли в области сердца и/или прирост фоновой депрессии сегмента ST не превышает 1мм.

Тест считается **неинформативным (незавершенной)**, если ЧСС не достигла 85% расчетной максимальной ЧСС и при этом не было выявлено ишемических изменений ЭКГ, а также при исходных изменениях ЭКГ, которые могут скрывать отклонение сегмента ST (блокада левой ножки пучка Гиса, гипертрофия ЛЖ с вторичными изменениями сегмента ST и зубца Т, прием сердечных гликозидов, желудочковая ЭКС, синдром WPW, изменения сегмента ST на фоне пролапса митрального клапана или тяжелой анемии, изменения сегмента ST, вызванные наджелудочковой тахикардией или мерцательной аритмией).

Изменения сегмента ST. Основные диагностически значимые отклонения при ЭКГ-тесте с физической нагрузкой заключаются в горизонтальной или косонисходящей депрессии сегмента ST $\geq 0,1$ мВ, сохраняющейся в течение не менее 60-80 мс после точки J, в одном или нескольких отведениях. Следует отметить, что приблизительно у 15% пациентов значимые изменения сегмента ST возникают только в фазе восстановления. Точка перехода комплекса QRS в сегмент ST называется точкой сочленения (J-junction). В случае отсутствия зубца S, точка J находится на пересечении зубца Rс началом сегмента ST.

Пациент: **Скворцов Игорь Викторович**
 Номер: **266 О.Т. тредмил**

20.01.2015 08:46:14

Критерий окончания
 ОЖИДАЕМАЯ ЧСС ДОСТИГНУТА

Rest time 0:04
 Время работы 8:02
 Время восст. 4:30
 Общее время 12:36

Indic:

Макс. Mets 9.9 Mets
 Макс ЧСС 160 (155) Уд./ми(103) %
 АД макс 225 / 108 mmHg
 Макс. АД x ЧСС 360 mmHg/min
 Мин. АД x ЧСС 131 mmHg/min
 DP-фактор 2.7

Протокол: BRUCE_ST
 Ergo / BP: TM-400/425 digital / Schiller BP-200

Шаг. протокол ST@J +60ms

	Время мм:сс	Mets	Скорость [км/ч]	Наклон [%]	ЧСС [мин]	АД [ммРт]	ST V5 [мм]	P	Y	D	B	R	ES
До	0:04	1.7	1.5	0.0	86	153/98	0.3	0	0	0	0	0	0
Нагр.1	3:00	4.6	2.7	10.0	113	181/97	-0.1	0	0	0	0	0	0
Нагр.2	6:00	7.0	4.0	12.0	141	210/95	-1.3	0	0	0	0	0	0
STМакс	7:49	9.9	5.3	14.0	159	-	-2.0	0	0	0	0	0	0
Нагр.3	8:02	9.9	5.3	14.0	160	215/93	-1.8	0	0	0	0	0	0
Восст	2:00	1.0	0.0	0.0	112	225/108	-0.5	0	0	0	0	0	0
Восст	4:00	1.0	0.0	0.0	105	-	-0.6	0	0	0	0	0	0
Конец текста	4:30	1.0	0.0	0.0	104	192/96	-0.5	0	0	0	0	0	0



Рис. 3 (А). Пациент С., протокол BRUCE. А - исходная ЭКГ;

Заключение: Тест сомнительный. Толерантность к физической нагрузке высокая (9,9 МЕТ).

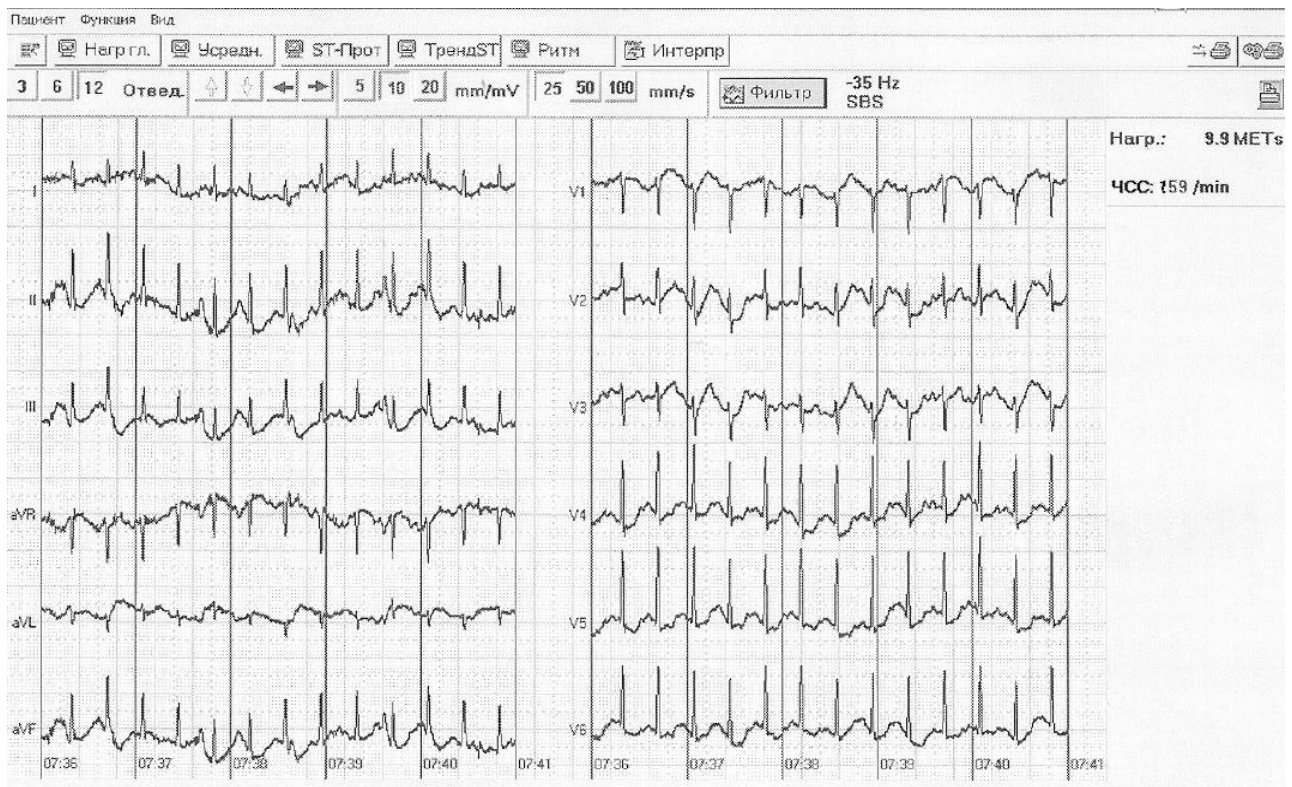


Рис. 3 (Б). На высоте нагрузки регистрировалась нестойкая горизонтальная депрессия сегмента ST.

В отведениях с комплексами QS точка J располагается на пересечении восходящего колена QS с сегментом ST. Обычно отклонение сегмента ST от изолинии определяют через 80 мс от точки J (так называемая точка ишемии i на сегменте ST отстоит на 60-80 мс от точки J). Именно динамические сдвиги точки i относительно изолинии в процессе проведения нагрузочного теста и позволяют судить об ишемическом или ином характере смещения сегмента ST. Но некоторые авторы предлагают определять его в точке J или в середине сегмента ST. Единого мнения о том, в какой точке оценивать отклонение сегмента ST нет.

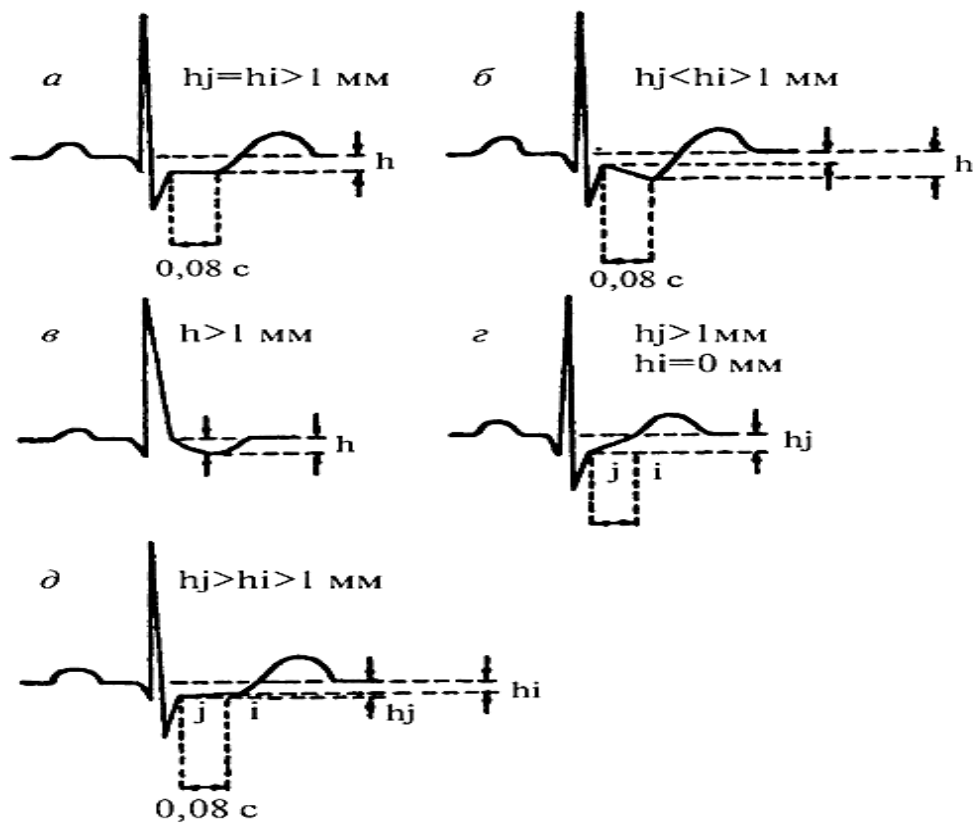


Рис. 4. Структура и виды снижения сегмента ST при проведении функциональных проб (Аронов Д.М. и соавт., 2007); а – горизонтальное смещение сегмента ST вниз на 1 мм или более; б - косонисходящее смещение сегмента ST на 1 мм и более; в – корытообразное смещение сегмента ST (за существенное принимается отстояние надира (дна) сегмента на 1 мм и более); г – быстрое косовосходящее смещение сегмента ST (точка i отстоит от изоэлектрической линии менее чем на 1 мм); д – медленное косовосходящее смещение сегмента ST (сегмент ST в точке i смещен вниз от изолинии на 1 мм и более).

Отклонение сегмента ST измеряют от изолинии. В качестве изолинии берут интервал P-Q. При преждевременной реполяризации может отмечаться подъем сегмента ST в покое. Это вариант нормы, депрессию сегмента ST в этом случае все равно определяют по отношению к изолинии. Если же исходно имеется депрессия сегмента ST, то дальнейшую депрессию во время нагрузки считают от исходного уровня. 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 изолинией. Схематически различные виды смещения сегмента ST представлены на рис. 4.

В норме при физической нагрузке может возникать депрессия сегмента ST в точке J, причем при увеличении нагрузки эта депрессия увеличивается, а в покое исчезает. Эта депрессия косовосходящая и через 80 мс после точки J составляет менее 0,1 мВ (1 мм).

Смещение сегмента ST вниз, 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 J находится ниже изолинии на 1 мм и более. Это соответствует картине повреждения субэндокардиального слоя миокарда левого желудочка. Депрессия той же конфигурации, но менее 1 мм или восходящая депрессия сегмента ST ≥ 2 мм на расстоянии более 80 мс от точки J также заслуживает внимания.

Истинно ишемическая депрессия сегмента ST обычно локализуется в отведениях I, V4-6 (чаще всего в V5), реже в II, III, AVF. Изолированная депрессия сегмента ST в отведении II часто бывает ложноположительной.

Примеры положительного теста с ФН представлены на рис. 5, 6, 7.

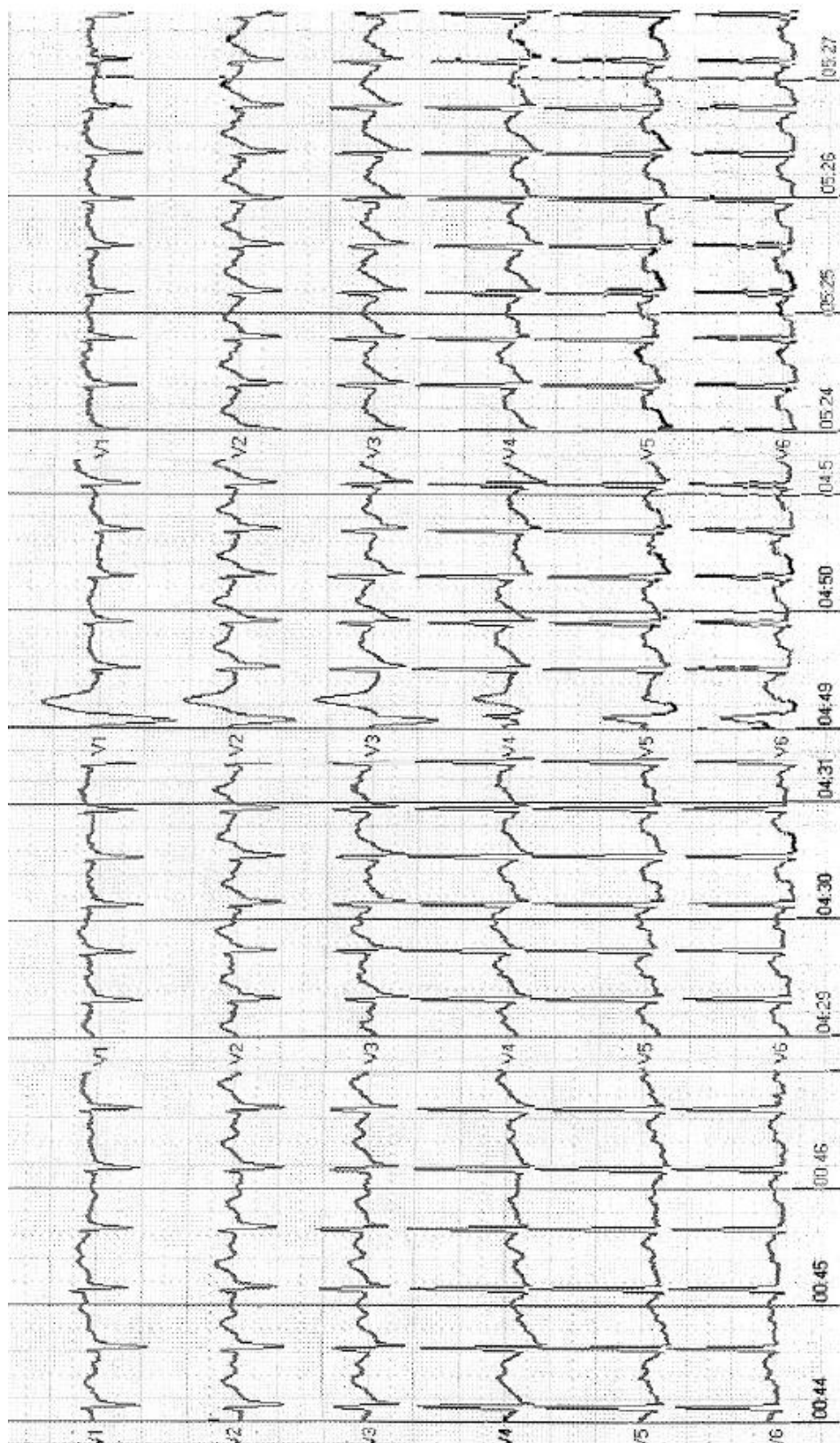


Рис. 5. Пациент М., 48 лет. Тест положительный. На фоне субмаксимальной ЧСС (153в мин) регистрируется горизонтальная депрессия сегмента ST 1,0 мм.

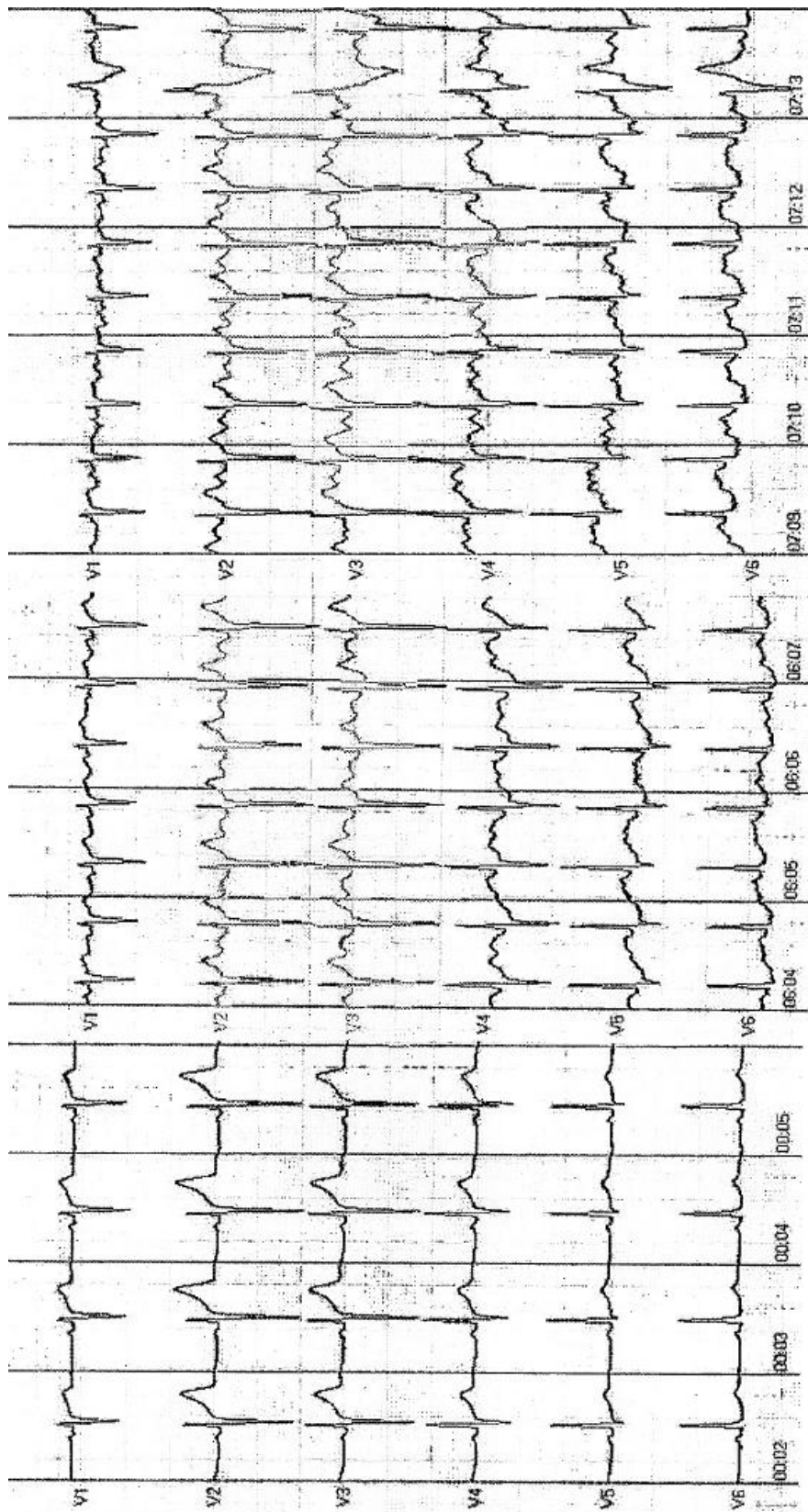


Рис. 6. Пациент С., 60 лет. Тест положительный. На высоте нагрузки (7 мин) регистрируется горизонтальная депрессия сегмента ST до 2 мм.

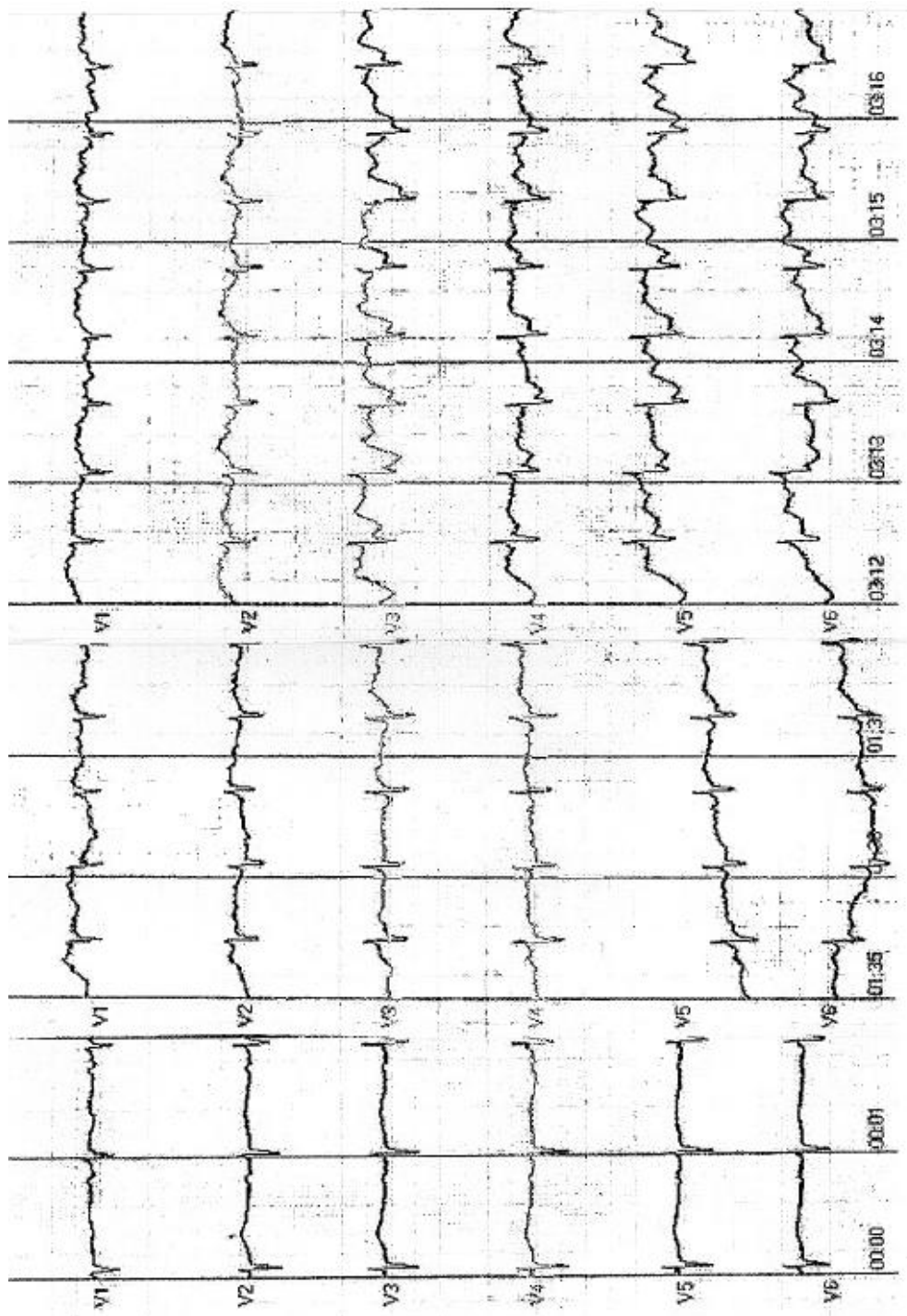


Рис. 7. Пациент Б., 53 г. Тест положительный. На высоте нагрузки (3 мин, ЧСС 104 в мин) зарегистрирована горизонтальная и косонисходящая депрессия сегмента ST до 3,0 мм. Толерантность к нагрузке низкая (4,6 MET).

Необходимо отметить, что по появлению депрессии сегмента ST в тех или иных отведениях невозможно судить о зонах ишемического повреждения и локализации стеноза коронарной артерии.

К признакам, повышающим вероятность того, что депрессия сегмента ST вызвана ишемией миокарда, относятся: число отведений, в которых отмечается депрессия сегмента ST (чем больше отведений, тем выше вероятность); уровень физической нагрузки, при которой возникает депрессия (чем меньше нагрузка, тем больше вероятность); характер депрессии (при косонисходящей депрессии вероятность выше, чем при горизонтальной); отношение величины депрессии к ЧСС (индекс ST/ЧСС); время после прекращения нагрузки, требующееся для возвращения сегмента ST к исходному уровню (чем больше время, тем выше вероятность); возможно, глубина депрессии. Депрессия сегмента ST в боковых отведениях, особенно в V5, наиболее специфична для ишемии. Отклонение сегмента ST только в нижних отведениях часто бывает при ложноположительных пробах.

Элевация сегмента ST при тесте с физической нагрузкой встречается относительно редко. Значение подъема сегмента ST зависит от того, имеются ли патологические зубцы Q. Подъем сегмента ST часто возникает у больных, перенесших инфаркт миокарда с формированием зубцов Q. Он отмечается у 50% больных, перенесших передний инфаркт, и у 15%, перенесших нижний инфаркт. Этот подъем сегмента ST – не свидетельство ишемии. Считается, что он обусловлен дискинезией миокарда или аневризмой левого желудочка. При этом возможна даже реципрокная депрессия сегмента ST. Подъем сегмента ST у больных с зубцами Q чаще возникает при низкой фракции выброса. Такие подъемы следует считать нормой, поскольку они не связаны с ишемией (хотя, возможно, отражают жизнеспособность миокарда).

Подъем сегмента ST у больных без патологического зубца Q – признак тяжелой трансмуральной ишемии (повреждения) миокарда в результате спазма и/или критического стеноза коронарной артерии (КА). Отведения, в которых

отмечается подъем сегмента ST (кроме aVR и V1), могут отражать локализацию ишемии. Такие подъемы следует считать патологическими.

Элевация сегмента ST чаще регистрируется во время нагрузки, чем после нее. В отличие от стресс-индуцированной депрессии сегмента ST, его элевация очень аритмогенна и коррелирует с локализацией стенозов КА.

Истинная элевация сегмента ST почти всегда сопровождается стенокардией, часто протекает с увеличением амплитуды зубца R, уменьшением и даже исчезновением зубца S, инверсией зубца U, реципрокной депрессией сегмента ST. Следует иметь в виду, что больные со стенокардией Принцметала и неизменной в покое ЭКГ обычно имеют отрицательный результат нагрузочного теста.

При наличии очаговых (рубцовых) изменений миокарда трактовка изменений ЭКГ очень затруднительна. Если в отведениях с наличием зубца Q и отрицательного зубца T во время физической нагрузки происходит безболевая реверсия зубца T, это является признаком наличия «живого» миокарда в рубцовой зоне, но может быть этапом и предшествовать депрессии сегмента ST, являющейся в данном случае признаком коронарной недостаточности. Безболевая элевация сегмента ST обычно является признаком нарушения локальной сократимости ЛЖ и возникает, как правило, в зоне трансмурального рубца, часто с наличием аневризмы.

Интересен такой вариант изменения сегмента ST и зубца T, как его псевдонормализация. Исходно измененная ЭКГ с наличием отрицательных зубцов T и/или депрессии сегмента ST у некоторых больных во время нагрузки может принять ложнонормальный вид. Такой тест, как правило, сопровождается развитием стенокардии, одышки при невысокой мощности нагрузки. Это явление наблюдается у лиц с тяжелым многососудистым поражением коронарных артерий и наличием нескольких ишемизированных областей миокарда ЛЖ с картиной «взаимопогашения» векторов ST.

В группе больных с тяжелой стенокардией и множественным поражением КА отсутствие достоверных ЭКГ критериев стресс-индуцированной ишемии

миокарда встречается в 20-25% случаев, и причиной прекращения нагрузки становятся такие признаки, как одышка, стенокардия, снижение АД.

Длительный восстановительный период, когда сегмент ST не возвращается к исходному уровню более 6 мин, характерен для ИБС со стенозирующим поражением ствола левой коронарной артерии или трех основных 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.

У больных с синдромом ранней реполяризации желудочков происходит нормализация сегмента ST под воздействием нагрузки, его элевация вновь возникает в восстановительном периоде. Необходимо осторожно относиться к подобной динамике ЭКГ-признаков синдрома ранней реполяризации у пожилых людей с клиникой стенокардии.

Нормализация сегмента ST или отсутствие его изменений во время нагрузки возможны за счет взаимного выравнивания подъема и депрессии сегмента ST при ишемии миокарда. Это бывает редко, но об этом следует помнить при нормальных результатах ЭКГ-теста с физической нагрузкой у больных с высокой предтестовой вероятностью (ПТВ) ИБС.

Зубцы R. Амплитуда зубцов R может меняться во время физической нагрузки, но это не имеет диагностического значения.

Изменения зубца T. Амплитуда зубцов T в начале нагрузки обычно уменьшается, а при ее возрастании увеличивается. Через минуту после прекращения нагрузки зубцы T возвращаются к исходному виду. Инверсия зубцов T при физической нагрузке может возникать в норме, это недостоверный признак ишемии. Изолированное изменение зубца T при нагрузочных пробах имеет весьма низкую специфичность, т.е. встречается примерно с одинаковой частотой при различных состояниях и обстоятельствах.

Постепенная инверсия зубца Т во время нагрузки часто связана с влиянием гипервентиляции. Для дифференциальной диагностики данного феномена следует провести пробу с гипервентиляцией.

Появление инверсии зубца Т также нередко предшествует развитию выраженных ишемических проявлений (приступу стенокардии, депрессии сегмента ST по ишемическому типу)(рис. 8). Появление в отведении V4 остроконечного симметричного и высокого зубца Т величиной 5 мм и более (превышающего обычную, нормальную амплитуду в 3 раза) может указывать на тяжелую ишемию миокарда, хотя ряд авторов полагают, что подобные изменения могут быть связаны со снижением амплитуды зубца R или подъемом сегмента ST. Некоторые авторы предлагают квалифицировать нагрузочную пробу как положительную при регистрации остроконечного симметричного высокого зубца Т («коронарные Т») или снижении амплитуды зубца Т более чем на 50% от исходного значения амплитуды не менее чем в двух грудных или одном стандартном отведениях. Значимость этих изменений зубца Т увеличивается в случае сочетания с ишемическими изменениями сегмента ST.

Реверсия или репозитивизация отрицательного зубца Т (т.е. переход его из отрицательного в положительный) при ИБС встречается довольно часто. В настоящее время этот признак у большинства специалистов не вызывает особой настороженности в отношении ИБС. Механизм его происхождения остается неясным и, по-видимому, полиэтиологичным (в частности придается значение усилению симпатического влияния на миокард при нагрузке).

Аритмии. Предсердные и желудочковые экстрасистолы во время нагрузки не имеют прогностического значения, тогда как желудочковые экстрасистолы в восстановительном периоде могут указывать на менее благоприятный прогноз. Устойчивые желудочковые тахикардии и фибрилляция желудочков возникают редко, это всегда патология.

Нарушения проводимости. Появление при физической нагрузке блокады левой ножки пучка Гиса – неблагоприятный прогностический признак.

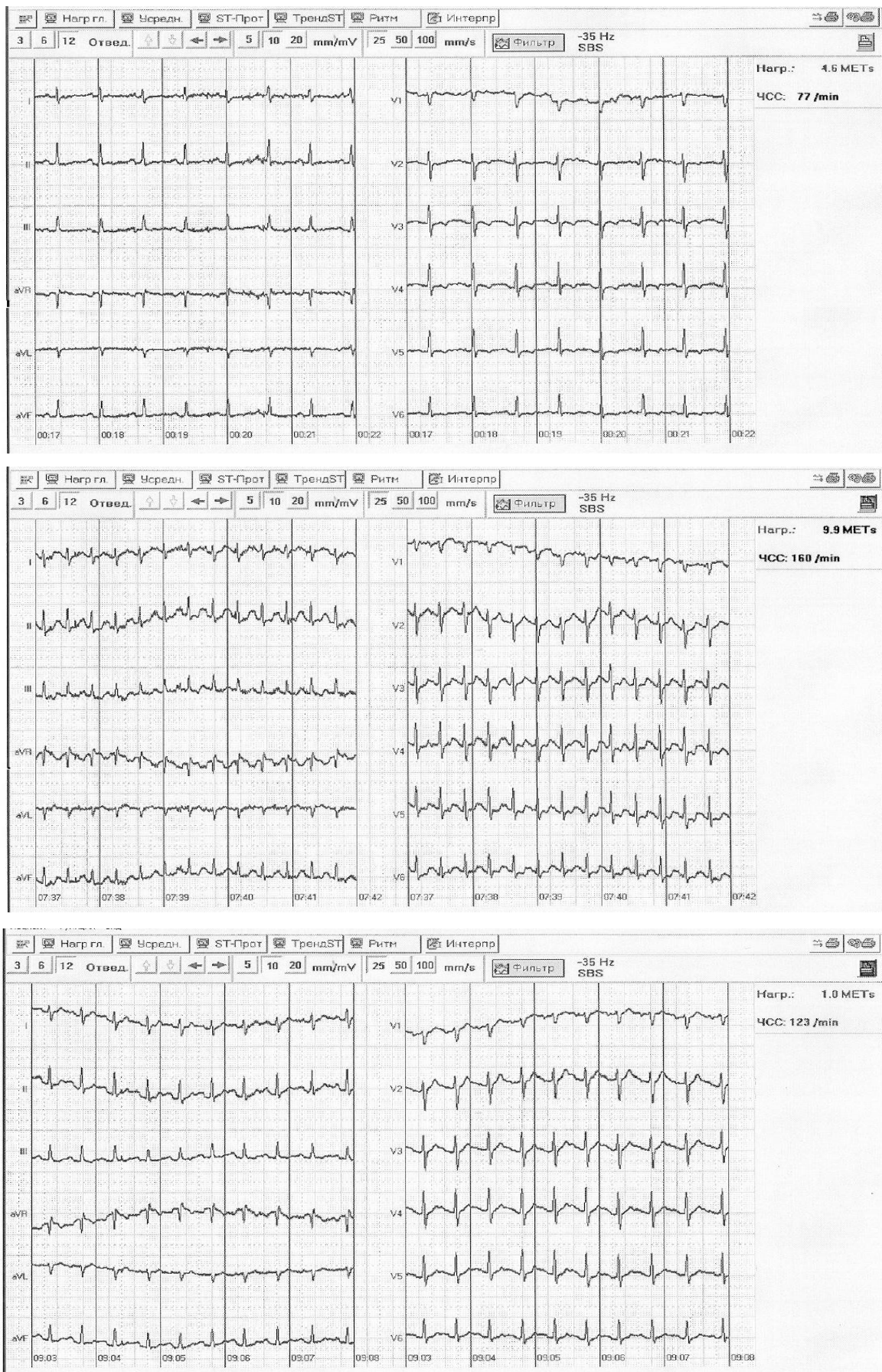


Рис. 8. Пациент Б., 45 лет. Тест положительный. В начале нагрузки регистрируется инверсия зубца Т. На высоте нагрузки - косонисходящая депрессия сегмента ST 1,0 мм.

Интерпретация боли в области сердца. Боль, типичная для стенокардии, спровоцированная нагрузкой, является серьезным предвестником ИБС и даже более специфична, чем депрессия ST. Важно получить от пациента тщательное описание боли, чтобы установить, является ли эта боль типичной для стенокардии или нет. Как правило, нарастающий характер сжимающей, давящей боли за грудиной с типичной иррадиацией говорит в пользу стенокардии.

Как оценить степень выраженности стенокардии, которая является критерием прекращения нагрузки? Для этого можно воспользоваться ее девяти- или пятибалльной оценкой. При использовании пятибалльной шкалы больному предлагается оценить испытываемую в жизни стенокардию по степени нарастания от одного до пяти баллов. Критерием прекращения пробы с ФН будет стенокардия интенсивностью примерно в три балла, что чаще всего соответствует степени болевых ощущений, заставляющих пациента останавливаться при ходьбе или совершении физических усилий.

Оценка выраженности приступа стенокардии при проведении пробы с физической нагрузкой может быть проведена по шкале G. Borg (1981), модифицированной В.И. Метелицей (1996):

0 – загрудинная боль отсутствует;

1 – отчетливо ощущаемая загрудинная боль, не требующая прекращения нагрузки;

2 – загрудинная боль, требующая прекращения нагрузки или уменьшения ее интенсивности;

3 – интенсивная боль, требующая приема нитроглицерина.

Стенокардия в 2 балла требует немедленного прекращения нагрузки.

Интерпретация реакции ЧСС. Немедленным ответом сердечно-сосудистой системы на нагрузку является учащение ЧСС из-за уменьшения воздействия на блуждающий нерв и усиления симпатических воздействий на сердце и сосуды. Как известно, адаптация системы кровообращения к физической нагрузке реализуется путем подстройки МО к уровню метаболических по-

требностей организма. Поэтому оптимальная частота сердечных сокращений является одним из ведущих факторов адаптации к физиологическим нагрузкам.

Нормальная хронотропная реакция на нагрузку – быстрое увеличение частоты ритма, сохранение ее стабильной во время нагрузки и медленное снижение после окончания нагрузки. Нормальным увеличением ЧСС во время нагрузочного теста является прирост на 15-20-30 ударов в минуту на каждой ступени в зависимости от тренированности пациента и выбранного протокола.

В понятие неадекватная реакция ЧСС на нагрузку входит как слишком малый, так и чрезмерно большой прирост ЧСС.

К чрезмерно большому приросту ЧСС при нагрузочном тесте могут привести следующие обстоятельства: чрезмерно нагрузочный протокол теста, сердечная или сердечно-легочная недостаточность, гипертиреоз, синдром отмены бета-блокаторов, анемия, низкая физическая активность пациента, длительный предшествующий постельный режим, прием некоторых медикаментов и др.

Гораздо большее клиническое значение имеет неадекватно малый прирост ЧСС при физической нагрузке (кроме случаев, когда имеется влияние медикаментов), который получил название хронотропной недостаточности. Разность между максимально достигнутой и исходной ЧСС (т.н. хронотропный резерв сердца) у условно здоровых лиц в среднем составляет 85-90 уд/минуту, при ИБС его величина снижается до 60-65 уд/мин. Хронотропная недостаточность – неспособность сердца, увеличивать частоту ритма в ответ на физическую и эмоциональную нагрузку. Наличие хронотропной недостаточности констатируют, если максимальная ЧСС во время ЭКГ-теста с физической нагрузкой составляет величину менее чем $0,7 \times (220 - \text{возраст})$.

Выявление хронотропной недостаточности особенно важно у пациентов с необъяснимыми клиническими симптомами сердечной недостаточности (СН) и эпизодами внезапной потери сознания. Хронотропная недостаточность может быть как следствием органического поражения синусового узла (СССУ), так и поражения миокарда левого желудочка. В отличие от дисфункции синусового узла (СУ) при хронотропной недостаточности, вызванной дисфункцией левого

желудочка, ЧСС в состоянии покоя не снижена, а повышена. Возможно также сочетание дисфункции СУ и хронотропной недостаточности, вызванной нарушением функции левого желудочка.

У пациентов, не способных к учащению ЧСС при возрастающих нагрузках, отмечается более неблагоприятный прогноз. Очень важно своевременное выявление хронотропной недостаточности с помощью нагрузочных тестов у спортсменов и пациентов, занимающихся интенсивными физическими тренировками. Появление признаков хронотропной недостаточности часто свидетельствует о состоянии «перетренированности», которое сопровождается нарушением функции левого желудочка.

Заключение о хронотропной недостаточности не должно использоваться для оценки прогноза лиц, которым тест проведен на фоне приема бета-адреноблокаторов.

Интерпретация реакции АД. Во время теста следят за АД. Это повышает как безопасность, так и диагностическую ценность теста. АД измеряют на каждой ступени. Вариантами изменений АД при ФН являются следующие типы реакции: нормотонический, гипотонический, гипертонический (систолический, систоло-диастолический, диастолический), дистонический.

У здоровых людей чаще всего отмечается нормотонический тип реакции на физическую нагрузку, при этом систолическое АД повышается по мере увеличения нагрузки, а диастолическое давление понижается. Если систолическое АД не возрастает или снижается, пробу прекращают, поскольку это указывает на высокую вероятность ИБС. Диастолическое АД снижается, при тяжелой нагрузке тоны Короткова могут быть слышны даже при сдутой манжете. Диастолическое давление в отличие от систолического не имеет прогностического значения и не служит для оценки безопасности теста. Важным критерием нормотонической реакции является быстрое восстановление ЧСС и АД до уровня покоя. Нормальным для субмаксимального теста считается повышение систолического АД на 20-40 мм рт. ст. на каждой ступени, у мужчин на пике нагрузки АД не превышает 210 мм рт. ст., у женщин – 190 мм рт. ст., у пожилых – 230

мм рт. ст. Одновременно имеет место снижение или небольшое увеличение диастолического АД на величину $\pm 20\%$ от исходного уровня, но не выше 110 мм рт. ст.

Гипертонический тип реакции характеризуется главным образом резким повышением систолического АД более 210-220 мм рт. ст., при этом диастолическое АД либо не изменяется, либо повышается. Для оценки гипертонической реакции АД существуют и дополнительные подходы, облегчающие интерпретацию теста, особенно в случаях, когда исследование завершается до достижения субмаксимальной нагрузки. Формула Jones (1982) предназначена для определения должных величин САД: $САД = 120 + 0,08 W$; где W – величина нагрузки в кгм/мин ($1W = 6$ кгм/мин). Так по формуле Jones должный уровень САД при ФН мощностью 150 Вт равен: $120 + 0,08 \times 150 \times 6 = 192$ мм рт. ст..

Можно также воспользоваться таблицей зависимости САД от энергетических затрат организма (табл. 17).

Таблица 17

Верхняя граница систолического АД (в норме) при тредмил - тесте

Нагрузка, МЕТ	АД, мм рт. ст.
2	140
3	150
4	160
5	170
6	180
7	185
8	190
9	195
10	200

Гипотонический тип реакции характеризуется незначительным повышением систолического АД в ответ на ФН, как правило, сопровождающимся резким учащением пульса. Восстановление ЧСС и АД замедлено. Эти изменения, по-видимому, связаны с тем, что увеличение МОК обеспечивается главным об-

разом увеличением ЧСС, в то время как увеличение систолического объема невелико. Этот тип реакции рассматривается как неблагоприятный.

Дистонический тип реакции характеризуется главным образом снижением диастолического АД, которое становится равным нулю («феномен бесконечного тона»). Систолическое АД в этих случаях, как правило, повышается. Наличие «феномена бесконечного тона» на пике нагрузки и в первую минуту периода восстановления у молодых пациентов с хорошим самочувствием не является патологическим. Вероятнее всего, этот феномен имеет методическое происхождение и связан с наличием звукового феномена («звучание» суженых манжеткой артерий) из-за турбулентного течения крови при физической нагрузке, когда резко увеличивается объемная скорость кровотока. Как патологический признак нарушенного сосудистого тонуса «феномен бесконечного тона» рассматривается лишь в случаях, когда «звучание» артерий наблюдается в течение нескольких минут после прекращения нагрузки.

4.1. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы больных ИБС

Проведение нагрузочных тестов у больных кардиологического профиля имеет целью не только обнаружение признаков ишемии миокарда, но и оценку переносимости физической нагрузки (ФН) для выявления ранних стадий ХСН (ФК I-II по NYHA, симптомы которой возникают только при физической нагрузке. Согласно современным рекомендациям при более высоких функциональных классах ХСН (III-IV) нагрузочные тесты проводить не следует.

Переносимость ФН традиционно принято называть термином «толерантность к ФН». Для определения толерантности к физической нагрузке можно использовать различные нагрузочные тесты.

ВЭМ, тредмилметрия – это наиболее распространенный способ оценки физической работоспособности больных с патологией ССС. В качестве показателей физической работоспособности (ФР) можно использовать множество по-

казателей, производных от величины пороговой нагрузки, порогового значения АД и ЧСС:

1) **Достигнутая мощность ФН** или пороговая нагрузка (ПН в ваттах или кгм/мин) – определяется по достигнутой мощности физической нагрузки на последней ступени теста и называется пороговой.

2) **Объем выполненной работы (А)**, Вт/мин или кгм/мин.

Рассчитывается по формуле: $A = (P1 \times t) + (P2 \times t) + \dots + (Pn \times t)$; где P1, P2, ... Pn – мощность первой, второй, ... последующей ступени нагрузки, t – продолжительность (в мин) каждой ступени нагрузки.

3) **Двойное произведение (ДП – индекс Робинсона, в усл. ед.)** – этот показатель характеризует реакцию пациента на нагрузку и тесно коррелирует с потребностью кислорода миокардом. Может использоваться для оценки коронарного резерва: коронарный резерв тем выше, чем больше показатель ДП.

$ДП = (САД \times ЧСС) / 100$; где ЧСС – частота сердечных сокращений на соответствующей ступени теста; САД – систолическое АД.

Должная величина ДП рассчитывается с учетом возраста по формуле:

$ДП \text{ должное} = 364 - 0,58 \times \text{возраст в годах}$;

4) Основной показатель, определяющий толерантность к ФН – это **уровень пороговой нагрузки**. Если ступень нагрузки выполнена полностью, то величина этой ступени считается пороговой. Если ступень выполнена не полностью, то пороговую мощность можно определить по следующей формуле:

$$W_{\text{порог}} = W_{\text{пред}} + [(W_{\text{посл}} - W_{\text{пред}}) / T] \times t$$

где: $W_{\text{пред}}$ – мощность последней полностью выполненной ступени;

$W_{\text{посл}}$ – мощность ступени, на которой нагрузка была прекращена;

T – длительность каждой ступени по протоколу; t – длительность последней ступени. Данный расчет пороговой мощности помогает стандартизировать нагрузку при использовании разных протоколов.

Толерантность к физической нагрузке (ТФН) отражает степень физической тренированности пациента и его способность переносить навязанную

нагрузку. Толерантность оценивается в ваттах (Вт) при велоэргометрии или в метаболических единицах (эквивалент METs) при тредмил-тесте.

Толерантность к ФН оценивается как:

- очень низкая при пороговой мощности ВЭМ нагрузки 25 Вт (или фаза I по модифицированному протоколу Брюса при тредмилметрии);
- низкая – 50 Вт (фаза II);
- средняя – 75 – 100 Вт (фаза III-IV);
- высокая – 125 Вт и выше (фаза V и выше).

Ориентировочное соотношение единиц определения толерантности к физической нагрузке представлено в таблице 18.

Таблица 18

Ориентировочное соотношение единиц определения толерантности к физической нагрузке

METs	Вт	Толерантность
До 3,9	35-50	Низкая
4,0-6,9	50-75	Средняя
Более 7,0	100-125	Высокая
Более 8,0	Более 125	Очень высокая

Представленные пороговые значения толерантности являются усредненными и ориентировочными. При определении толерантности следует придерживаться правила: чем дольше пациентом выполняется нагрузка, тем выше его толерантность.

Определение ТФН помогает оценить функциональный класс ИБС. С определенной долей условности можно считать, что очень низкая ТФН соответствует III-IV ФК, низкая ТФН – IIIФК, средняя ТФН – IIФК и высокая ТФН - I ФК. Данный метод оценки ФК по величине внешней нагрузки не является оптимальным, так как величина пороговой нагрузки во многом зависит от веса, возраста, пола, тренированности. Поэтому более точно ФК определяется вели-

чиной энергозатрат, выраженной в метаболических эквивалентах (МЕТ). Потребление кислорода в покое соответствует 1 МЕТ.

Количество МЕТ при ВЭМ - нагрузке можно рассчитать по формулам:

$$\text{METs} = (12 \times \text{ПН}) + (3,5 \times \text{вес тела в кг}) / 3,5 \times \text{вес тела в кг}$$

$$\text{METs} = (90 + 3,44 \times \text{ПН}) / \text{вес тела в кг}$$

где ПН – величина пороговой нагрузки, в Вт.

Больные IV ФК обычно выполняют нагрузки, при которых число МЕТ \leq 2, больные III ФК – 2– 3,9 МЕТ, II ФК – 4 – 6,9 МЕТ и больные I ФК – 7 – 10 МЕТ (табл. 19).

Таблица 19

**Характеристика функциональных классов ИБС по результатам
нагрузочного тестирования**

Показатель	ФК ИБС			
	I	II	III	IV
ТФН (пороговая мощность нагрузки), Вт	>125	75-100	50	<25
Двойное произведение	>278	218-277	150-217	До 150
METs	≥ 7	4-6,9 (5,0-6,9)	2-3,9 (2,5-4,9)	<2 (<2,5)
МПК (мл/мин/кг)	>21	14-21	7-14	<7
Характер нагрузки	Чрезмерная	Большая	Умеренная или обычная, бытовая	Минимальная в покое

Примечание: в скобках указаны данные других исследователей.

В среднем физическая работоспособность (maximal work capacity) здоровых нетренированных мужчин среднего возраста находится на уровне 10 МЕТ. Если пациенты с ИБС достигают 10-13 МЕТ - это является признаком благоприятного прогноза независимо от других возможных патологических реакций на нагрузку. Физическая работоспособность 5 МЕТ и менее ассоциируется с

плохим прогнозом у пациентов моложе 65 лет, летальность среди таких лиц существенно выше по сравнению с теми, у кого показатели работоспособности лучше.

5) **Хронотропный резерв сердца** (прирост ЧСС в момент прекращения пробы по отношению к исходному) и индекс хронотропного резерва (ИХР) = $\frac{\text{ЧСС порог.} - \text{ЧСС покоя}}{\text{ЧСС покоя}} \times 100\%$; в норме составляет 120-150%.

6) **Илотропный резерв сердца** (прирост систолического АД в момент прекращения пробы по отношению к исходному уровню) и индекс илотропного резерва (ИИР) = $\frac{\text{САД порог.} - \text{САД покоя}}{\text{САД покоя}} \times 100\%$; в норме составляет 70-75%.

7) **Коэффициент расходования резервов миокарда (КРРМ)**, в условных единицах, показывает степень экономичности гемодинамического обеспечения физической нагрузки. $\text{КРРМ} = \frac{\text{САД порог.} - \text{САД покоя}}{\text{ПН}} \times 100$ усл. ед.

Либо можно определить по формуле: $\text{КРРМ} = \frac{\text{ДП макс.} - \text{ДП исход.}}{A}$, где ДП макс. – «двойное произведение» на последней ступени теста, ДП исход. – «двойное произведение» непосредственно перед тестом, А -объем выполненной работы (Вт/мин). КРРМ зависит от возраста: для 18-30 лет до 0,12; для 30-50 лет - 0,13-0,17; старше 50 лет - 0,18.

10) **Коэффициент физической адаптации (КФА)** в условных единицах. Позволяет оценить приспособительные механизмы сердечно-сосудистой системы и рассчитывается по формуле: $\text{КФА} = \frac{A}{\text{ЧСС макс.} - \text{ЧСС исход.}}$; где А – объем выполненной работы (Вт/мин); ЧСС макс. – число сердечных сокращений на последней ступени теста, ЧСС исход. – число сердечных сокращений перед проведением теста. В норме более 13, чем выше показатель, тем лучше адаптация сердца к физической нагрузке.

Тест 6-минутной ходьбы – наиболее простой способ оценки физической работоспособности больных ХСН. При этом в качестве показателя физической работоспособности используют объем выполненной нагрузки в метрах пройденной за 6 мин дистанции. Тест проводят обычно в больничном коридоре длиной не менее 30-50 м. После измерения исходных АД, ЧСС и регистрации ЭКГ, больному предлагают в течение 6 мин ходить по коридору и затем измеряют (в

метрах) пройденную дистанцию. Темп ходьбы пациенты выбирают самостоятельно с таким расчетом, чтобы после окончания теста они не могли бы продолжать ходьбу без одышки, мышечной утомляемости или тяжести в ногах. Если во время отведенных на исследование 6 мин больной пойдет слишком быстро и, появятся перечисленные выше симптомы, он должен снизить темп ходьбы или даже остановиться, причем эта задержка должна включаться в общую продолжительность теста – 6 мин.

Если тест выполнен правильно, пройденная пациентом за 6 мин дистанция хорошо соответствует ФК ХСН по NYHA (табл. 20). Как видно из таблицы, дистанцию более 550 м за 6 мин преодолевают только здоровые люди (ФК 0 по NYHA). 6-минутная дистанция больных ХСН I ФК составляет от 426 до 549 м, а с ХСН II ФК – от 301 до 425 м. Для пациентов III и IV ФК по NYHA 6-минутная дистанция не превышает соответственно 300 и 150 м.

Таблица 20

Физическая активность и потребление кислорода у больных с хронической сердечной недостаточностью (по NYHA)

Функциональный класс	6-минутная дистанция, м	Максимальное потребление кислорода, мл/мин/кв.м
0	>550	>22,1
I	426-549	18,1-22,0
II	301-425	14,1-18,0
III	151-300	10,1-14,0
IV	<150	<10,0

Важнейшие показатели плохого прогноза ИБС при ЭКГ-тесте с ФН:

- значительная косонисходящая или горизонтальная депрессия сегмента ST \geq 1 мм, обычно сопровождающаяся стенокардией;
- медленное возвращение сегмента ST к нормальному уровню (5 мин и более);
- снижение систолического АД на 20 мм рт. ст. и более (как следствие падения сердечного выброса);

- повышение диастолического АД > 15 мм рт. ст. (как следствие падения сердечного выброса, обуславливающее рефлекторную вазоконстрикцию);
- стенокардия с, или без, изменений ST на фоне невысокой нагрузки < 6 мин;
- опасные аритмии, к примеру, желудочковая тахикардия;
- безболевого снижения сегмента ST > 3 мм.

Вообще, положительный тест при ВЭМ нагрузке 25-75 Вт или на первых двух фазах протокола Брюса коррелируют со значительным риском осложнений ИБС, тогда как пациенты, выполнившие нагрузку 150 Вт или IV фазы по Брюсу, относятся к низкому риску независимо от реакции ST.

Тестовые вопросы и задания:

Инструкция: Выберите один правильный ответ из нескольких предложенных.

1. У пациента во время нагрузочного теста (ВЭМ) развилась гипотония до 90/50 мм рт. ст., пресинкопальное состояние. Что делать?

- А. Прекратить тест, сидя на велосипеде, контролировать АД, ЭКГ.
- Б. Прекратить тест, уложить пациента с приподнятыми ногами, контролировать АД, ЭКГ.
- В. Снизить скорость оборотов велосипеда, продолжить нагрузку под контролем АД.

Г. Сохранить достигнутый уровень нагрузки до появления отчетливой динамики ЭКГ на экране монитора с целью исключить ИБС.

2. Нагрузочное тестирование проводится пациенту после стентирования правой коронарной артерии месяц назад. Боль в груди не рецидивирует. Проводится тредмил-тест по протоколу BRUCE. В каких отведениях следует ожидать динамику при рестенозе стента:

- А. Отведения II, III, aVF.
- Б. Отведение V1.
- В. Отведения V4, V5.
- Г. В любом из отведений.

3. У пациента перед проведением теста на ЭКГ синдром ранней реполяризации желудочков с элевацией сегмента ST 1,5 мм в грудных отведениях. При достижении субмаксимальной ЧСС выявлено снижение сегмента ST до изолинии. Жалоб нет. АД – 170/90 мм рт. ст. Ваши действия:

- А. Продолжить тест до максимально допустимой ЧСС.
- Б. Прекратить тест, расценить результат как положительный – динамика

сегмента ST более 1 мм.

- В. Прекратить тест, описать его как сомнительный, назначить стресс-ЭхоКГ.
- Г. Прекратить тест, признать его отрицательным, так как признаков преходящей ишемии не выявлено.

4. У пациентки 53 лет с жалобами на давящие боли за грудиной при ходьбе нагрузочный тест квалифицирован как сомнительный. Менопауза наступила 3 года назад. Ваша дальнейшая тактика:

- А. Назначить антиангинальную терапию, статины и аспирин, не проводя дальнейших исследований.
- Б. Провести стресс-ЭхоКГ, МСКТ, и в зависимости от результатов решить вопрос о необходимости КАГ.
- В. Провести КАГ в плановом порядке для верификации ИБС.
- Г. Не проводить дальнейшие инструментальные обследования, поскольку предполагаете ложноположительный результат теста.

Эталоны ответов:

1-й - Б; 2-й - Г; 3-й - А, Г; 4-й - Б, В

5. СТРАТИФИКАЦИЯ РИСКА СОБЫТИЙ

Долгосрочный прогноз стабильной ИБС зависит от многих факторов, таких как клинические, и демографические показатели, функция ЛЖ, результаты нагрузочного теста и оценки коронарной анатомии по данным ангиографических методов. При обсуждении стратификации риска с пациентами со стабильной ИБС, риск события (осложнения) означает, главным образом, риск сердечно-сосудистой смерти или развития ИМ (хотя в некоторых исследованиях сердечно-сосудистые конечные точки включают более широкий ряд событий). Поскольку такой исход как смерть от любой причины определяется точнее, чем другие, более слабые конечные точки, включая ИМ, в рекомендациях Европейского общества кардиологов (ESC, 2013) риск события классифицируют по отношению к этой жесткой конечной точке. Процесс стратификации риска служит целям выявления пациентов с высоким риском событий, которые получают пользу от реваскуляризации.

Ранее идентификация высокого риска событий основывалась исключительно на индексе Дьюка для тредмил-теста, и ежегодный риск сердечно-сосудистой смерти $>2\%$ считали порогом, выше которого рекомендовалось проведение коронарной ангиографии для выявления потребности в реваскуляризации. В настоящее время (рекомендации ESC от 2013г.) пациентами с высоким риском событий считаются пациенты с ежегодной смертностью $>3\%$. Пациентами с низким риском событий считаются пациенты с ежегодной смертностью $<1\%$. В группе с промежуточным риском событий ежегодная смертность составляет $>1\%$, но $<3\%$ (табл.21).

Таблица 21

Определение риска для разных диагностических методов

ЭКГ-тест с физической нагрузкой	Высокий риск	Смертность от ССЗ $>3\%$ в год
	Промежуточный риск	Смертность от ССЗ от 1 до 3% в год
	Низкий риск	Смертность от ССЗ $<1\%$ в год
Методы визуализации ишемии	Высокий риск	Площадь ишемии $>10\%$ ($>10\%$ для ОФЭКТ; малочисленные количественные данные для МРТ сердца, вероятно $\geq 2/16$ сегментов с новыми дефектами перфузии или ≥ 3 сегментов с дисфункцией, вызванной добутамином; ≥ 3 сегментов ЛЖ по данным стресс-ЭхоКГ)
	Промежуточный риск	Площадь ишемии от 1 до 10% или любая ишемия, менее выраженная, чем при высоком риске, по данным МРТ сердца или стресс-ЭхоКГ
	Низкий риск	Нет ишемии
КТА коронарных артерий	Высокий риск	Значимые поражения из категории высокого риска (трехсосудистое поражение с проксимальными стенозами, стеноз СЛКА и проксимальный стеноз ПМЖВ)
	Промежуточный риск	Одно или несколько значимых поражений в одной или нескольких коронарных артериях (крупные артерии или в проксимальных отделах), но не из категории высокого риска
	Низкий риск	Нормальные коронарные артерии или только бляшки

Сокращения: МРТ - магнитно-резонансная томография, КТА - компьютерная томографическая ангиография, ССЗ - сердечно-сосудистые заболевания, ОФЭКТ - однофотонная эмиссионная компьютерная томография, СЛКА - ствол левой коронарной артерии.

Последовательность оценки риска можно описать следующим образом:

1. стратификация риска по данным клинического обследования;
2. стратификация риска по данным оценки функции ЛЖ;
3. стратификация риска по данным оценки реакции на нагрузочный тест;
4. стратификация риска по данным изучения коронарной анатомии (ИКА).

Стратификация риска событий в целом похожа на пирамидальную структуру, в которой все пациенты со стратификацией риска по данным клинического обследования составляют самое базовое требование, далее идут пациенты с оценкой функции ЛЖ по данным ЭхоКГ в покое и, в большинстве случаев, с неинвазивной оценкой ишемии или коронарной анатомии (которая обычно проводится в процессе установления диагноза стабильной ИБС). Проведение ИКА для стратификации риска потребуются только в отдельной группе пациентов.

5.1. Стратификация риска событий по данным клинического обследования. В стратификацию риска событий на этом уровне входят сбор клинического анамнеза, физикальное обследование, а также проведение ЭКГ покоя и лабораторной диагностики. Было показано, что сахарный диабет, артериальная гипертензия, курение, высокий уровень общего холестерина (без лечения или, несмотря на лечение) являются предикторами неблагоприятного исхода у пациентов со стабильной ИБС. Среди факторов, которые необходимо учитывать – увеличение возраста, ввиду частого наличия хронического заболевания почек или заболевания периферических артерий, перенесенного ИМ, симптомов и признаков сердечной недостаточности, паттерн возникновения (недавнее появление или прогрессирование) и тяжесть стенокардии, особенно если она резистентна к терапии. Тем не менее, такая информация слишком сложна, чтобы ее разместить в виде клинически полезной шкалы риска событий у пациентов стабильной ИБС, в связи с чем рекомендация заключается в использовании данных, особенно о тяжести стенокардии, чтобы модифицировать решения, принятые на основании ПТВ и результатов неинвазивной оценки ишемии/анатомии для определения прогноза.

5.2. Стратификация риска событий по данным оценки функции левого желудочка. Наиболее сильным предиктором долгосрочной выживаемости является функция ЛЖ. У пациентов со стабильной ИБС по мере снижения фракции выброса ЛЖ (ФВЛЖ) смертность возрастает. По данным регистра CASS (CoronaryArterySurgeryStudy) уровни 12-летней выживаемости у пациентов с ФВ $\geq 50\%$, 35-49% и $< 35\%$ составили 73, 54 и 21% соответственно ($p < 0,0001$). Таким образом, пациент с ФВЛЖ $< 50\%$ уже подвергается высокому риску сердечно-сосудистой смерти (ежегодная смертность $> 3\%$), даже без учета дополнительных факторов риска событий, таких как протяженность ишемии. Таким пациентам рекомендуется использовать стресс-методы визуализации вместо ЭКГ с физической нагрузкой.

Хотя вероятность сохранной систолической функции ЛЖ высокая у пациентов с нормальной ЭКГ, отсутствием отклонения при рентгенографии грудной клетки и перенесенного ИМ в анамнезе, бессимптомная дисфункция ЛЖ встречается довольно часто. Таким образом, всем пациентам с подозрением на стабильную ИБС рекомендуется проведение ЭхоКГ в покое.

5.3. Стратификация риска событий на основании результатов нагрузочных тестов. У пациентов с нормальной ЭКГ на фоне физической нагрузки и низким клиническим риском тяжелой ИБС прогноз исключительно благоприятный. Поэтому для начальной стратификации риска событий необходимо использовать, по возможности, менее затратные варианты, такие как тест на тредмиле. Но лица с высоким риском событий должны быть направлены сразу на коронарную ангиографию.

Прогностические маркеры теста с физической нагрузкой включают толерантность к физической нагрузке, реакцию АД и индуцированную нагрузкой ишемию (клиническую и по ЭКГ). Максимальная толерантность к физической нагрузке – один из стабильных прогностических маркеров, и на нее как минимум частично влияет протяженность дисфункции ЛЖ в покое и объем дальнейшей дисфункции ЛЖ, вызванной упражнением. Однако на толерантность к физической нагрузке также влияют и возраст, общее физическое состояние, со-

путствующие заболевания и психологический статус. Толерантность к физической нагрузке определяют по максимальной длительности нагрузки, достигнутому максимальному числу метаболических эквивалентов (МЕТ), достигнутой максимальной рабочей нагрузке (в Ваттах), максимальным значениям ЧСС и «двойного произведения» (ЧСС x АД).

5.4. Номограмма Университета Дьюка (см. Приложение) позволяет быстро оценить предполагаемую пятилетнюю выживаемость и годовую смертность по отклонению сегмента ST, выраженности стенокардии во время нагрузки и доступному уровню потребления кислорода. Эта номограмма была разработана с помощью регрессионных данных, полученных при обследовании большого количества больных. Данные о прогнозе учитываются при выборе тактики лечения. Индекс активности Университета Дьюка основан на тех же данных. Он рассчитывается по формуле:

Индекс активности Университета Дьюка = (Время выполнения пробы по протоколу Брюса, мин) – (5 x максимальное отклонение сегмента ST, мм) – (4 x индекс стенокардии).

Отклонение сегмента ST измеряется в миллиметрах (1 мм соответствует 0,1 Мв). Индекс стенокардии равен 0, если стенокардии не было, 1 – если стенокардия была, но не потребовала прекращения пробы, и 2 – если проба была остановлена из-за стенокардии. На основании индекса больных относят к одной из трех групп:

- индекс $\geq +5$ – группа низкого риска, предполагает 5-летнюю выживаемость у 97%;
- индекс от -11 до $+4$ – группа среднего риска, предполагает 5-летнюю выживаемость у 65%;
- индекс < -11 – группа высокого риска, 74% имели 3-х сосудистое поражение коронарных артерий или окклюзию ствола левой коронарной артерии при ангиографии.

Восстановление ЧСС. Высокую прогностическую ценность имеет разница между ЧСС на высоте нагрузки и через минуту после ее прекращения. Если

в восстановительном периоде больной стоит, ЧСС за минуту должна снизиться не менее чем на 12. Если больной сразу после прекращения нагрузки ложится, например, после стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой, патологическим считается снижение ЧСС за минуту менее чем на 18.

5.5. Диагностическая ценность ЭКГ-теста с физической нагрузкой.

Нагрузочное тестирование позволяет сориентироваться, какова вероятность наличия у данного пациента стенозирующего атеросклероза коронарных артерий и насколько необходимо этому пациенту более дорогостоящее и сложное дообследование (МРТ сердца, перфузионная стинтиграфия миокарда с нагрузкой, ОФЭКТ, мультиспиральная компьютерная томография, стресс-эхокардиография). Эти неинвазивные диагностические методы исследования позволяют более четко определить показания к коронарной ангиографии (КАГ) как «золотому стандарту» верификации ИБС.

Диагностическая ценность ЭКГ-теста с ФН зависит от нескольких факторов, учет которых позволит максимально увеличить эффективность использованного метода.

1) Предсказательная ценность ЭКГ-теста с ФН в основном зависит от контингента обследуемых. Вероятность наличия ИБС у того или иного пациента (т.н. предтестовая вероятность, ПТВ) отличается в зависимости от наличия и характера болевого синдрома, возраста и пола (табл. 3). Нагрузочный тест не может быть первым в диагностическом поиске ИБС. Ему должны предшествовать сбор анамнеза, оценка факторов риска, физикальное обследование, позволяющие предварительно оценить возможный индивидуальный риск наличия ИБС (ПТВ). Не рекомендуется проведение ЭКГ-теста с физической нагрузкой лицам с низкой (ПТВ <15%) и высокой (ПТВ >85%) предтестовой вероятностью ИБС. В группе пациентов со средней вероятностью ИБС (ПТВ 16-65%) нагрузочное ЭКГ-тестирование предлагается в качестве первого метода диагностики. Лицам с ПТВ 66-85% предлагается проведение неинвазивных методов визуализации для диагностики ИБС.

2) При положительном или отрицательном результате теста необходимо руководствоваться уровнем **чувствительности** (способности метода давать наименьшее число ложноотрицательных результатов) и **специфичности** (способности метода давать наименьшее число ложноположительных результатов). Если из обследуемого контингента исключить пациентов с предшествующим инфарктом миокарда, то средняя чувствительность ЭКГ-теста с ФН составляет 67%, средняя специфичность – 72% (Корнеев Н.В., 2010). Низкая чувствительность определяет гиподиагностику, т.е. ситуацию, когда при наличии ишемии миокарда состояние больного трактуется по-иному и принимается неверная тактика. Такая ситуация практически всегда определяет прогрессирование ИБС со всеми известными последствиями и осложнениями, поэтому чувствительность считается самым значимым критерием любого диагностического теста. При снижении специфичности растет число больных, у которых положительный тест регистрируется при отсутствии реальной ишемии миокарда. При КАГ у них выявляются «чистые коронарные» артерии.

3) В некоторых случаях, доведенный до предельной ЧСС тест с ФН, может не выявить признаки ишемии миокарда при наличии стенозирующего поражения коронарных артерий (подтвержденной при КАГ). В таком случае тест с ФН будет **ложноотрицательным**. Факторы, снижающие чувствительность ЭКГ-тестов с ФН:

- прием антиангинальных препаратов;
- неадекватная нагрузка (преждевременное прекращение теста, плохая физическая подготовка);
- гемодинамически незначимая степень коронарного атеросклероза (или выраженный стеноз одной коронарной артерии, с хорошо развитыми коллатеральными артериями);

4) Появление достоверных признаков ишемии миокарда при отсутствии коронарной патологии (подтвержденной при КАГ) является признаком **ложноположительного** результата нагрузочного тестирования. Факторы, снижающие специфичность ЭКГ-теста с ФН:

- прием лекарственных препаратов: сердечные гликозиды, кордарон, эстрогены, седативные, антидепрессанты, диуретики;
- наиболее частой причиной являются нейроциркуляторные расстройства;
- заболевания сердца: кардиомиопатии, клапанные пороки сердца, пролапс митрального клапана, синдром WPW, выраженная гипертрофия левого желудочка, перикардит;
- другие причины: гипервентиляция, деформация грудной клетки, гипокалиемия и др.;
- изменения на ЭКГ покоя, блокады ножек пучка Гиса;

5) Некоторые субъективные факторы, снижающие диагностическую ценность ЭКГ-тестов с физической нагрузкой:

- чувствительность уменьшается, когда сомнительные тесты оцениваются как нормальные;
- если косовосходящая депрессия сегмента ST классифицируется как патологическая, специфичность исследования снижается, а чувствительность растет;
- использование пробы с гипервентиляцией перед тестом с ФН приводит к уменьшению специфичности тестирования. Гипервентиляция может быть причиной ложноположительной реакции на тест с ФН. В настоящее время не рекомендуют проводить пробу с гипервентиляцией перед нагрузочным тестированием.

Очевидно, что истинная диагностическая ценность ЭКГ-тестов с ФН состоит в их относительно высокой специфичности. Небольшая чувствительность ЭКГ-тестов может быть увеличена с помощью методов визуализации (стресс-ЭхоКГ, МРТ сердца, радионуклидные исследования).

6. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Под термином «максимальная физическая работоспособность» понимается способность данного человека выполнять в течение определенного времени механическую работу с возрастающей интенсивностью до тех пор, пока не будет достигнуто МПК и/или ограничено дальнейшее его повышение. В этом случае максимальная физическая работоспособность (ФР) соответствует его аэробной работоспособности (производительности). Особенности определения ФР (толерантности к физической нагрузке) у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями рассмотрены выше. Описанные ниже методы касаются обследования лиц без признаков сердечно-сосудистой патологии.

Наиболее широкое распространение получили косвенные (непрямые) методы определения ФР, которые основаны на существующей линейной зависимости между мощностью нагрузки, являющейся мерилем ФР, с одной стороны, и некоторыми морфофункциональными показателями (ЧСС, АД, пол, масса тела, возраст, уровень тренированности) – с другой. Во время дозированной нагрузки у испытуемых подсчитывается ЧСС. МПК получают путем экстраполяции кривой зависимости «нагрузка-пульс» с использованием специальных номограмм и таблиц, которые легко можно найти в специальной литературе.

В повседневной практике для обследования здоровых лиц наибольшее распространение получили тесты: PWC₁₇₀ - оценка физической работоспособности (PowerWorkingCapacity) при ЧСС 170 уд/мин и тест PWC_{AF} (Age – возраст, Frequency - частота сердечных сокращений) оценка ФР при субмаксимальной возрастной ЧСС, разработанные В.Л. Карпманом (1988).

Методика теста PWC₁₇₀. Тест проводится без предварительной нагрузки и состоит из двух последовательных нагрузок на велоэргометре длительностью 5 мин каждая с перерывом 3 мин. Мощность первой нагрузки (W_1) для физически подготовленных мужчин составляет 6 кгм/мин (1 Вт) на 1 кг массы тела, для нетренированных – 3 кгм/мин (0,5Вт), для физически подготовленных

женщин 3 кгм/мин (0,5 Вт), для нетренированных – 1,5 кгм/мин (0,25 Вт). В конце нагрузки определяется ЧСС (f_1).

Мощность второй нагрузки (W_2) определяется по табл.22 в зависимости от мощности первой нагрузки и ЧСС во время ее выполнения. В конце нагрузки определяется ЧСС (f_2). На максимуме второй нагрузки ЧСС не должна превышать 170 уд/мин (оптимальный диапазон 155-160 уд/мин). Расчет физической работоспособности (PWC_{170}) проводят по формуле:

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \times (170 - f_1) / (f_2 - f_1);$$

Средние значения теста PWC_{170} для нетренированных мужчин составляют 850-1200 кгм/мин, для женщин – 550-750 кгм/мин.

Таблица 22

Мощность второй нагрузки, рекомендуемая для определения PWC_{170}

W1 (кгм/мин)	W2 (кгм/мин)			
	ЧСС при W1 (кгм/мин)			
	90-99	100-109	110-119	120-129
300	1000	850	700	600
400	1200	1000	800	700
500	1400	1200	1000	850
600	1600	1400	1200	1000
700	1800	1600	1400	1200

Расчет МПК для нетренированных молодых людей проводят по формуле В.Л. Карпмана: $МПК = 1,7 \times PWC_{170} + 1240$;

Этот протокол рекомендован Минздравом и Минобороны России для оценки ФР молодых людей с недостаточностью питания, исполняющих воинскую обязанность (табл. 23). Для последних мощность 1-й ступени нагрузки составляет 300 кгм/мин, а мощность 2-й ступени выбирается по табл.24 в зависимости от ЧСС, достигнутой на 1-й ступени.

**Оценка физической работоспособности по тесту PWC170 лиц
с недостаточностью питания, исполняющих воинскую обязанность**

Физическая работоспособность (кгм/мин)				
Низкая	Ниже средней	Средняя	Выше Средней	Высокая
< 699	700 – 849	850 – 1149	1150 – 1299	> 1300

**Мощность 2-й ступени нагрузки при проведении теста PWC170
лиц с недостаточностью питания, исполняющих воинскую обязанность**

ЧСС в конце 1-й ступени нагрузки (уд/мин)	Мощность 2-й ступени нагрузки (кгм/мин)
90–99	1000
100–109	850
110–119	700
120–129	600
130–139	500

При определении ФР у лиц старшего возраста (более 35 лет) и больных с патологией сердечно-сосудистой системы в качестве порогового предлагается пульс равный 150 или даже 130 уд/мин (тесты PWC150, PWC130). Однако лучше использовать не фиксированный пульс, а соответствующий субмаксимальному для данного возраста (тест PWC_{AF}). При использовании теста PWC170 физическая работоспособность вычисляется при ЧСС 170 уд/мин. Такой пульс соответствует примерно 87% от максимального его значения у молодых людей. Соответственно, при расчете ФР с учетом возраста (тест PWC_{AF}) необходимо ориентироваться на ЧСС, равную $(220 - \text{возраст}) \times 0,87$.

Методика теста PWC_{AF}. Тесту PWC_{AF} у лиц с заболеваниями сердечно-сосудистой системы должен предшествовать обычный тест на ТФН. В случае, если значение пороговой ЧСС, при которой появляются признаки коронарной

недостаточности, меньше субмаксимальной для данного возраста, определение ФР методом PWC_{AF} не проводится.

Методика проведения теста с учетом возраста и последовательность действий в основном аналогичны методике PWC_{170} .

При проведении теста PWC_{AF} первая нагрузка соответствует рекомендуемой для PWC_{170} . При определении мощности второй нагрузки желательно исходить из следующих рекомендаций: ЧСС в конце второй нагрузки должна быть на 10-15 уд/мин меньше значений возрастного пульса F , равного $(220 - \text{возраст}) \times 0,87$. Зная величину ЧСС первой нагрузки и ее мощность, а, также учитывая, что при увеличении мощности на 100 кгм/мин (17 Вт) ЧСС повышается у мужчин на 8-12, а у женщин на 13-17 уд/мин, несложно определить мощность второй нагрузки.

Величина физической работоспособности с учетом возраста (PWC_{AF}) определяется по следующей формуле: $PWC_{AF} = W_1 + (W_2 - W_1) \times (F - f_1) / (f_2 - f_1)$. Показатели физической работоспособности для лиц различного возраста и пола по данным теста PWC_{AF} приведены в таблице 25.

Таблица 25

Оценка физической работоспособности по данным теста PWC_{AF}

Возраст (лет)	Физическая работоспособность				
	Низкая	ниже средней	Средняя	выше средней	Высокая
Женщины					
20–29	≤ 449	450–549	550–749	750–849	≥ 850
30–39	≤ 399	400–499	500–699	700–799	≥ 800
40–49	≤ 299	300–399	400–599	600–699	≥ 700
50–59	≤ 199	200–299	300–499	500–599	≥ 600
Мужчины					
20–29	≤ 699	700–849	850–1149	1150–1299	≥ 1300
30–39	≤ 599	600–749	750–1049	1050–1199	≥ 1200
40–49	≤ 499	500–649	650–949	950–1099	≥ 1100
50–59	≤ 399	400–549	550–849	850–999	≥ 1000

Пример 3. Определение ФР методом PWC_{AF} для нетренированного мужчины 48 лет, весом 100 кг. Мощность 1-й нагрузки составляет 0,5 Вт на кг веса (т.е. 50 Вт = 300 кгм/мин).

При проведении ВЭМ с мощностью 50 Вт в течение 5 мин максимальная ЧСС составила 120 уд/мин. Зная, что предельная ЧСС 2-й нагрузки должна быть на 10-15 уд/мин меньше субмаксимальной (должна составлять 135-140 уд/мин) и учитывая примерный темп прироста ЧСС (+ 15-20 уд/мин на 20-25 Вт), выбираем в качестве мощности 2-й нагрузки 75 Вт = 450 кгм/мин. Максимальная ЧСС при проведении ВЭМ мощностью 75 Вт составила 140 уд/мин. Определяем PWC_{AF} по формуле:

$$PWC_{AF} = 300 + (450 - 300) \times (150 - 120) / (140 - 120) = 525 \text{ кгм/мин};$$

Вывод: физическая работоспособность ниже средней.

Кроме того, по результатам пробы PWC_{AF} можно рассчитать МПК по следующей формуле (Карпман В.Л. и др., 1988):

$$МПК = (1,7 \times Вт \times 6 + 1240) / \text{масса тела в кг};$$

Данные методы определения физической работоспособности достаточно трудоемки, требуют соблюдения специальной методики, отличающейся от диагностического нагрузочного тестирования. Поэтому на основе обследования больших групп здоровых людей с определенной долей условности были определены должностные значения ФР в зависимости от индивидуальных параметров человека, которые определяются при обычном диагностическом нагрузочном тесте.

В практической деятельности можно использовать таблицы Nordenfelt et al. (1985), модифицированные Siemens-Elema, где приведены рекомендованные уровни ФР (равной 80% от максимального уровня), определяемые с помощью непрерывной ступенеобразно возрастающей ВЭМ в зависимости от возраста, пола, веса и роста.

Все обследованные были распределены на 6 групп в зависимости от веса и роста (табл. 26-27).

**Распределение пациентов на группы в зависимости от веса
и роста (Nordenfeltetal., модификацияSiemens-Elementa, 1985)**

Мужчины				
Рост, см	0–160			
Вес, кг	0–49	50–59	60–74	> 75
Группа	1	2	3	4
Рост, см	161–189			
Вес, кг	0–59	60–69	70 – 84	> 85
Группа	2	3	4	5
Рост, см	Выше 190			
Вес, кг	0–69	70–79	80 – 94	> 95
Группа	3	4	5	6
Женщины				
Рост, см	0–150			
Вес, кг	0–43	44–50	51–60	> 61
Группа	1	2	3	4
Рост, см	151–174			
Вес, кг	0–50	51–57	58–67	> 68
Группа	2	3	4	5
Рост, см	Выше 175			
Вес, кг	0–57	58–64	65 – 74	> 75
Группа	3	4	5	6

Рекомендованные уровни ФР (80% макс.) в зависимости отвозраста, пола, веса и роста (Nordenfeltetal., модификация Siemens-Elema, 1985)

Возраст, лет	Группа											
	1		2		3		4		5		6	
	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж
0–19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20–29	137	97	165	113	192	128	219	143	247	159	274	174
30–39	129	91	154	106	180	120	206	134	231	149	257	163
40–49	111	85	134	98	156	112	178	126	201	139	223	153
50–59	94	76	113	88	132	100	151	112	170	122	189	136
60–69	83	66	99	78	116	88	133	98	149	110	166	120
70–79	69	0	82	0	96	0	110	0	123	0	137	0
> 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Пример4. Здоровый мужчина 40 лет, ростом 180см и весом 78кг (группа 4) имеет нормальную физическую работоспособность, если выполняет субмаксимальный ВЭМ-тест при пороговой мощности нагрузки 178 Вт.

Необходимо подчеркнуть известную условность оценки физической работоспособности с помощью подобных таблиц. С еще большей долей условности физическую работоспособность можно считать нормальной, если удельная пороговая мощность нагрузки для нетренированных мужчин 40-50 лет не ниже 2 Вт/кг веса, для женщин – 1,5 Вт/кг.

При обследовании больших контингентов здоровых лиц используются различные модификации так называемых однократных проб, когда в качестве тестирующей ФН выступает нагрузка одной мощности.

Среди этих проб наиболее широко известна **100-ваттная** проба, позволяющая не только оценить ФР, но и выявить скрытую сердечную недостаточность при скрининговых исследованиях. По величине пульсовой реакции на нагрузку оценивается переносимость физической нагрузки: при хорошей переносимости

симости ЧСС не превышает 130 уд/мин, при удовлетворительной переносимости – 130-150 уд/мин, при плохой – превышает 150 уд/мин.

Последние годы все более популярными становятся «рэмп»-протоколы, при которых нагрузка возрастает каждые 20,15 или 12 секунд на 5 Вт, т.е. – на 15, 20, 25 Вт/мин.

Установлено, что почти непрерывное и равномерное увеличение нагрузки при таком типе протокола обеспечивает устойчивое увеличение реакций сердца и легких, а также – возможность более точного определения потребности кислорода. Потребность кислорода при этом типе протокола возрастает линейно возрастающей нагрузке вплоть до момента достижения предельной утомляемости, так что пик потребления кислорода совпадает с МПК, не выходя при этом на уровень «плато». Несомненным достоинством этого вида протокола является тот факт, что большинство лиц при его использовании достигают критериев прекращения нагрузки за оптимальное время – 9 минут.

Одноступенчатые протоколы чаще всего используются при профессиональных отборах и у спортсменов, но могут применяться и для оценки толерантности к нагрузкам у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Наиболее известным одноступенчатым тестом является **протокол Астранд**. Обычно мощность нагрузки для практически здоровых лиц устанавливается в 100 Вт – для женщин и 150 Вт – для мужчин. В том случае, если через 1-2 мин ЧСС менее 130 уд/мин, нагрузку следует несколько увеличить, если ЧСС более 150-140 уд/мин - уменьшить. В итоге при установлении «устойчивого состояния» ЧСС должна быть около 150 уд/мин. Для физически ослабленных людей и больных следует использовать мощность 50-75 Вт. Продолжительность нагрузки – 4-6 мин. Максимально достигнутое (пороговое) значение ЧСС рассчитывается как среднее значение трех устойчивых интервалов R-R непосредственно перед прекращением нагрузки.

На основании полученной субмаксимальной ЧСС рассчитывается предполагаемое максимальное потребление кислорода (МПК, л/мин) в соответствии с номограммой Astrand-Ryhming(табл. 28).

**Оценка физического здоровья человека на основании величины
МПК (мл/мин/кг), рассчитанного косвенным способом по номограмме
Astrand-Ryhming (1954)**

Возраст, лет	Физическое состояние				
	Очень плохое	Плохое	Удовлетв.	Хорошее	Отличное
Женщины					
20-29	< 29	29-34	35-43	44-48	> 48
30-39	< 28	28-33	34-41	42-47	> 47
40-49	< 26	26-31	32-40	41-45	> 45
50-59	< 22	22-28	29-36	37-41	> 41
Мужчины					
20-29	< 39	39-43	44-51	52-56	> 56
30-39	< 35	35-39	40-47	48-51	> 51
40-49	< 31	31-35	36-43	44-47	> 47
50-59	< 26	26-32	33-39	40-43	> 43
60-69	< 21	21-26	27-35	36-39	> 39

Одним из вариантов одноступенчатого протокола является протокол, предложенный В.М. Михайловым (1999), основанный на выборе мощности нагрузки в соответствии с должным основным обменом (ДОО). При этом первоначально определяется ДОО по формуле Harris и Benedict (1919):

$$\text{Для мужчин: ДОО} = (13,752 \times M) + (5,0033 \times P) - (6,755 \times B) + 66,473;$$

$$\text{Для женщин: ДОО} = (9,563 \times M) + (1,850 \times P) - (4,676 \times B) + 655,09;$$

где: М – масса тела (кг); Р – длина тела (см); В – возраст (лет).

Мощность нагрузки определяется по формуле: $M = \text{ДОО} \times K$;

где: М – мощность нагрузки (Вт); ДОО – должный основной обмен;

К – коэффициент, учитывающий степень физической подготовленности и состояние здоровья обследуемого.

Для практически здоровых мужчин молодого возраста: $K = 0,1$; для женщин $K = 0,07$; для спортсменов $K = 0,125-0,15$. Продолжительность теста в среднем 4 мин (3-5 мин).

Резюме. Физическая работоспособность является одним из самых важных прогностических показателей тестирования. Исследования последних двух десятилетий отчетливо демонстрируют, что физическая работоспособность и уровень тренированности являются независимыми предикторами как кардиальной, так и общей смертности.

Контрольные вопросы:

1. Что принято понимать под термином «максимальная физическая работоспособность», и какие методы ее определения Вы можете назвать?
2. Что такое 100-ваттная проба?
3. Что представляют собой «рэмпы» - протоколы?
4. По какой формуле определяется величина физической работоспособности с учетом возраста?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная функциональная диагностика сердечно-сосудистой системы предполагает применение методов исследования, создающих субэкстремальные и даже экстремальные условия для функционирования этой системы.

С целью выявления латентно протекающего патологического процесса, для определения функциональных возможностей и резервов организма применяются пробы с физическими и эмоциональными нагрузками, различные медикаментозные пробы с лекарственными препаратами.

В настоящее время широкое распространение получили современные визуализирующие методы диагностики (стресс-ЭхоКГ, ОФЭКТ, МСКТ и др.).

Однако следует помнить, что современные технологии не заменяют, а дополняют работу врача, обязанного тщательно собирать анамнез, производить

полноценное физикальное обследование и устанавливать тесный контакт с пациентом. Врачу важно также решить, уместно ли применение тех или иных сложных методик в тех или иных обстоятельствах.

В связи с появлением новых, в том числе, 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 простые методы. Полученные с помощью сложных методик результаты должны служить основой для клинического вмешательства в течение заболевания.

Рекламирующие ту или иную технологию фирмы-изготовители или медицинские работники часто преувеличивают ее достоинства и сферу применения. Прогнозы в отношении использования отдельных методик часто чересчур оптимистичны, а недостаткам, ограниченности их возможностей, высокой цене, сложности в эксплуатации и другим аспектам не уделяется должного внимания. Поэтому врачу нужно уметь более глубоко и объективно анализировать целесообразность применения того или иного вида оборудования, либо сложного диагностического исследования у конкретного пациента.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Инструкция: Выберите правильный ответ из нескольких.

Тест №1. Назовите критерии положительного нагрузочного теста:

- А. депрессия сегмента ST на 1мм и более в точке J+0,06
- Б. Косовосходящая депрессия сегмента ST на 1мм и более в точке J+0,06
- В. Косовосходящая депрессия сегмента ST более 1мм, менее 0,06
- Г. Элевация сегмента ST более 1мм от исходного уровня в отведении AVR.
- Д. Косонисходящая депрессия ST на 1мм и более в точке J+0,06
- Е. Горизонтальная депрессия сегмента ST на 0,5мм в точке J+0,06
- Ж. Развитие приступа стенокардии.
- З. Возникновение тяжелых нарушений ритма.

Тест №2. Укажите критерии прекращения нагрузочного теста:

- А. Появление нарастающей боли в груди.

- Б. Появление небольшой одышки.
- В. Развитие приступа удушья, выраженной одышки.
- Г. Появление неприятных ощущений в прекардиальной области.
- Д. Отказ пациента от дальнейшего проведения пробы.
- Е. Изменение электрической оси сердца.
- Ж. Достижение субмаксимальной ЧСС.

Тест №3. Какие из перечисленных критериев соответствуют низкой толерантности к физической нагрузке?

- А. Достигнутая пороговая мощность (P) нагрузки 75-100 Вт.
- Б. Достигнутая пороговая мощность нагрузки менее 25 Вт.
- В. Достигнутая пороговая мощность нагрузки более 125 Вт.
- Г. Достигнутая пороговая мощность нагрузки 25-75 Вт.

Тест №4. Перечислите абсолютные противопоказания для проведения нагрузочного теста:

- А. Постмиокардитический кардиосклероз
- Б. Аортальный стеноз (умеренно выраженный)
- В. Нестабильная стенокардия
- Г. Атриовентрикулярная блокада I ст.
- Д. Инфаркт миокарда давностью 10 дней
- Е. Посттромботическая болезнь нижних конечностей
- Ж. Хроническая аневризма брюшного отдела аорты с тромбозом
- З. Аневризма левого желудочка
- И. Частые пароксизмы мерцательной аритмии

Тест № 5. При синдроме ранней реполяризации желудочков под воздействием нагрузки наблюдаются следующие изменения ЭКГ:

- А. Сегмент ST нормализуется
- Б. Элевация сегмента ST увеличивается
- В. Наблюдается депрессия сегмента ST
- Г. Динамика сегмента ST не наблюдается

Тест № 6. Инверсия зубца T при проведении нагрузочного теста может быть обусловлена:

- А. Развитием гипервентиляционного синдрома
- Б. Гиперсимпатикотонией
- В. Развитием ишемии миокарда

- Г. Систолической перегрузкой гипертрофированного левого желудочка.
- Д. Систолической перегрузкой правого желудочка
- Е. Всем вышеперечисленным

Тест № 7. Ложноположительный результат нагрузочного теста может быть обусловлен:

- А. Синдромом WPW
- Б. Развитием ишемических изменений в миокарде
- В. Пролабированием митрального клапана
- Г. Выраженной гипертрофией левого желудочка
- Д. Нарушением мозгового кровообращения
- Е. Близорукостью
- Ж. Развитием гипервентиляционного синдрома

Тест № 8. Ложноотрицательный результат нагрузочного теста может быть обусловлен:

- А. Нейроциркуляторной дистонией
- Б. Преждевременным прекращением пробы
- В. Развитием гипервентиляционного синдрома
- Г. Сознательным приемом антиангинальных препаратов перед тестированием
- Д. Хорошо развитыми коллатеральными
- Е. Незначительно выраженной степенью коронарного атеросклероза

Тест № 9. Какой тест следует провести пациенту с постинфарктным кардиосклерозом для определения толерантности к физической нагрузке?

- А. Субмаксимальный тест по протоколу BRUCE
- Б. Субмаксимальный тест по протоколу MODBRUCE
- В. Субмаксимальный тест по протоколу X-BRUCES
- Г. Субмаксимальный тест по протоколу NAUGHTON

Эталонные ответы:

- 1-й - А,Б,Г,Д; 2-й – А,Б,Д,Ж; 3-й – Г;
4-й- В,З,Л; 5-й- А; 6-й – А,В,Г;
7-й – А,В,Г,Ж; 8-й- Г,Д,Е; 9-й – Б,Г;

ПРИЛОЖЕНИЕ

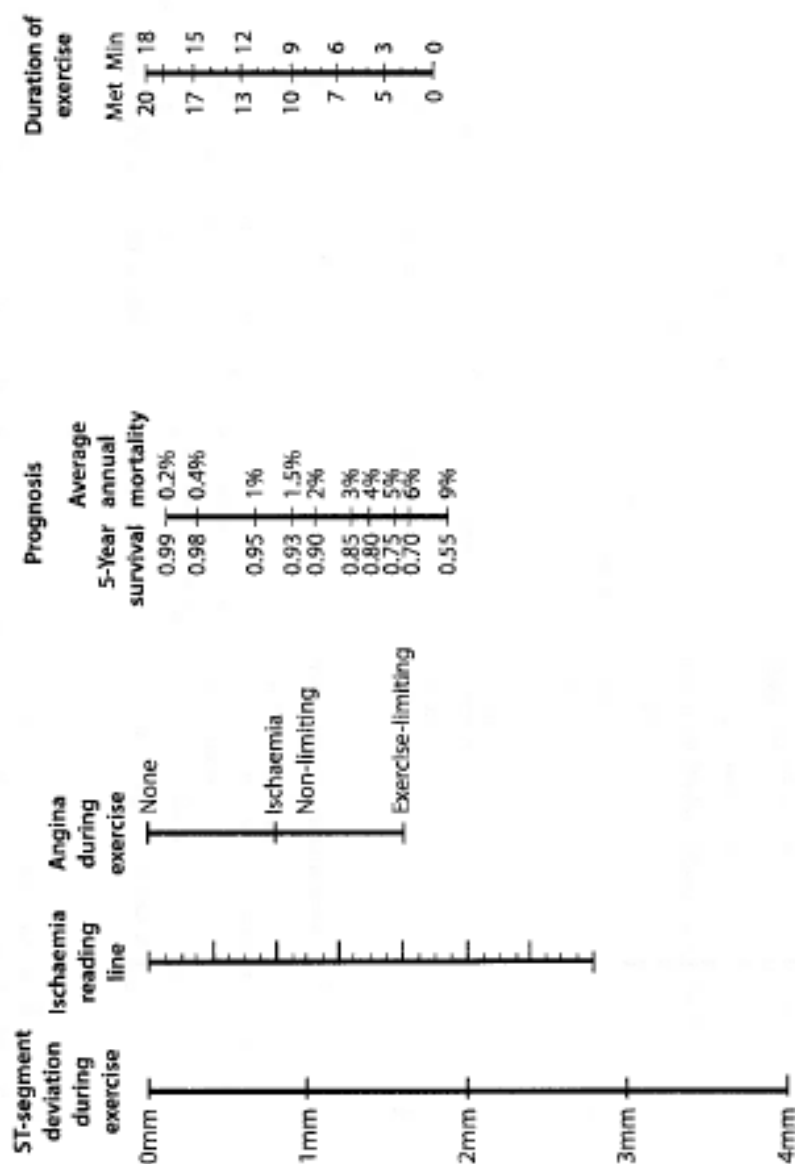


Figure W1 Duke Treadmill Score (DTS) for risk stratification in stable coronary artery disease patients.⁴⁰ Nomogram of the prognostic relations embodied in the DTS. Determination of prognosis proceeds in five steps. First, the observed amount of exercise-induced ST-segment deviation (the largest elevation or depression after resting changes have been subtracted) is marked on the line for ST-segment deviation during exercise. Second, the observed degree of angina during exercise is marked on the line for angina. Third, the marks for ST-segment deviation and degree of angina are connected with a straight edge. The point where this line intersects the ischaemia-reading line is noted. Fourth, the total number of minutes of exercise in treadmill testing according to the Bruce protocol (or the equivalent in multiples of resting oxygen consumption (METs) from an alternative protocol) is marked on the exercise-duration line. In countries where a bicycle ergometer is used one may—a rule of thumb—assume the following: 3 METS ~ 25W, 5 METS ~ 75W, 6-7 METS ~ 100W, 9 METS ~ 150W, 13 METS ~ 200W. Fifth, the mark for ischaemia is connected with that for exercise duration. The point at which this line intersects the line for prognosis indicates the 5-year survival rate and average annual mortality for patients with these characteristics.

ГЛОССАРИЙ

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

Двойное произведение (ДП) – произведение ЧСС и систолического артериального давления (АД), достаточно точно характеризует возможность коронарного резерва, то есть возможность коронарных сосудов увеличивать доставку крови к миокарду в ответ на повышение потребности его в кислороде.

Максимальное потребление кислорода (МПК) – это наибольшее количество потребляемого пациентом кислорода в течение 1 мин. при выполнении динамической нагрузки, включающей в работу основную часть общей мышечной массы. Считается одним из наиболее надежных и воспроизводимых показателей толерантности к физической нагрузке.

Метаболический эквивалент (МЕТ) – это потребляемое организмом количество кислорода в состоянии покоя, равное 3,5 мл O_2 на 1 кг массы тела в минуту ($мл \times кг^{-1} \times мин^{-1}$). Этот показатель определяет, во сколько раз переносимая больным максимальная нагрузка увеличивает базальный уровень потребления кислорода, который условно принимается за 3,5 мл/кг массы тела (то есть $1 \text{ МЕТ} = 3,5 \text{ мл } O_2/кг \text{ в мин}$).

Специфичность – способность метода давать наименьшее число ложноположительных результатов. Специфичность равна $100 \times ИО/(ИО + ЛП)$. Специфичность тем больше (лучше), чем меньше число ложноположительных результатов.

Толерантность к физической нагрузке – способность человека выполнять в течение определенного времени механическую работу с возрастающей интенсивностью, до достижения субмаксимальной или максимальной величины потребности кислорода.

Тредмил – представляет собой дорожку, приводимую в движение электромотором с различной скоростью (от 1 до 16 км/ч). Человек, находящийся на движущейся дорожке, совершает ходьбу или бег, соответствующие скорости движения дорожки. Подъем конца дорожки выражается в специальных процентах: подъем на 5 см относительно медианы дорожки равняется 5% (или 2,5°).

Чувствительность – способность метода давать наименьшее число ложноотрицательных результатов. Чувствительность равна $100 \times ИП/(ИП + ЛО)$. Чувствительность тем больше (лучше), чем меньше число ложноотрицательных результатов.

Физическая работоспособность – является интегральным показателем, который определяется уровнем потребления кислорода (O_2), который в норме в основном зависит от сердечного выброса, артериовенозной разницы по O_2 и индивидуальных особенностей человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Аронов Д.М., Лупанов В.П. Функциональные пробы в кардиологии. – М.: МЕДпресс-информ, 2003. – 2-е изд. – 296 с.
2. Бова А.А. Функциональная диагностика в практике врача-терапевта: Руководство для врачей / А.А. Бова, Ю-Я. С. Денешук, С.С. Горохов. – ООО «Медицинское информационное агентство», 2007. – 240 с.
3. Болезни сердца: Руководство для врачей / под ред. Р.Г. Оганова, И.Г. Фоминой. – М.: Литтерра, 2006. – 1328 с.
4. Лупанов В.П. Функциональные нагрузочные пробы в диагностике ишемической болезни сердца // Сердце. – 2002. – Т. 1, №6. – С. 294 – 305.
5. Корнеев Н.В., Давыдова Т.В. Функциональные нагрузочные пробы в кардиологии. – М.: Медика, 2010. – 128 с.
6. Нагрузочные ЭКГ-тесты: 10 шагов к практике: Учебное пособие / А.С. Аксельрод, П.Ш. Чомахидзе, А.Л. Сыркин; под ред. А.Л. Сыркина. – М.: МЕДпресс-информ, 2008. – 208 с.
7. Михайлов В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмил-тест, степ-тест, ходьба. – Иваново: ООО ИИТ «А-Гриф». 2005. – 440 с.
8. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease. The Task on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. European Heart Journal 2013; 34; 2949-3003.
9. Кардиология. Под ред. Б. Гриффина и Э. Тополя. Пер. с англ. – М.: «Практика», 2011. – 1248 с.

Дополнительная

10. Домницкая Т.М., Грачева О.А., Батенкова О.А. Применение проб с физической нагрузкой в кардиологии. Методические рекомендации под редакцией проф. Б.А. Сидоренко. – М. 2001. – 30 с.
11. Сквирская Г.П., Кузин В.Ф. Диагностическая служба в учреждениях здравоохранения. Эндоскопия, функциональная и лучевая диагностика /Нормативные документы. Комментарий – М.: Книжный мир, 1998. – 200 с.
12. Гавровская Т.В. Велоэргометрия. Практическое пособие для врачей. – СПб, 2007. – 134 с.
13. ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association. / Circulation. 2002. – Vol. 106. – P. 1883 – 1892.

ГАДЖИЕВА Лариса Рустановна
ТКАЧЕНКО Сергей Борисович
ПАЛЧЕНКОВА Марина Владимировна

Функциональные ЭКГ пробы с использованием дозированных
физических нагрузок

Учебное пособие

Редактор

Подписано в печать Формат 60×90 1/16

Печать Бумага

Усл. печ. л.

Тираж 500 экз.

Заказ №....

Российская медицинская академия последипломного образования

ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава России

ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Москва, 123995

Электронный адрес www/rmapo.ru

E-mail: rmapo@rmapo.ru