

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ  
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

КАФЕДРА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ

**Л.Ю. УШАКОВА**

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ  
В КАРДИОЛОГИИ**

Учебно-методическое пособие

Минск БелМАПО  
2019

УДК 616.1-072(075.9)

ББК 54.10я73

У 93

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия  
НМС Белорусской медицинской академии последипломного образования  
Протокол № 10 от 26.12.2018.

**Авторы:**

к.м.н., доцент зав. кафедрой функциональной диагностики *Ушакова Л.Ю.*

**Рецензенты:**

кафедра кардиологии и внутренних болезней Белорусского государственного  
медуниверситета;

доцент кафедры 2-ой кафедры внутренних болезней Белорусского  
государственного медуниверситета, кандидат мед.наук Борис А.М.

**Ушакова Л.Ю.**

У 93

Функциональные нагрузочные пробы в кардиологии: учебн.-  
метод. пособие /Л.Ю. Ушакова. - Минск: БелМАПО, 2019 – 55 с.

ISBN 978-985-584-351-2

В учебно-методическом пособии приведены современные представления о функциональных нагрузочных пробах в кардиологии, изложены критерии прекращения проб, вопросы оценки реакции пациента на нагрузку, толерантности к физической нагрузке, реакции артериального давления на нагрузку, оценки результатов проб, формирования заключения.

Учебно-методическое пособие предназначено для врачей функциональной диагностики, кардиологов, терапевтов.

УДК 616.1-072(075.9)

ББК 54.10я73

**ISBN 978-985-584-351-2**

© Ушакова Л.Ю., 2019

© Оформление БелМАПО, 2019

## УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

### Функциональные нагрузочные пробы в кардиологии

Пробы с физической нагрузкой являются одним из наиболее часто используемых неинвазивных кардиологических тестов, применяемых для диагностики ишемической болезни сердца (ИБС), определения прогноза заболевания и оценки эффективности лечения. Исторически нагрузочные пробы развивались как диагностический метод для оценки поражения коронарных артерий. Однако спектр показаний для этих тестов значительно расширился. Важной областью их применения является использование нагрузочных проб у пациентов после инфаркта миокарда и у пациентов с ИБС после хирургических вмешательств (баллонной ангиопластики и операции аортокоронарного шунтирования).

Тредмил-тест или велоэргометрия позволяют сориентироваться, какова вероятность наличия у данного пациента стенозирующего атеросклероза коронарных артерий, насколько необходимо пациенту более дорогостоящее и сложное дообследование: перфузионная сцинтиграфия миокарда с нагрузкой, стресс-эхокардиография, мультиспиральная компьютерная томография. Эти неинвазивные методики позволяют более четко определить показания к коронароангиографии как «золотому стандарту» верификации ИБС.

Последовательность событий во времени от начала несоответствия доставки кислорода до появления стенокардии описывается как «ишемический каскад».

У пациента с ИБС при нагрузке могут наблюдаться различные стадии «ишемического каскада». С помощью современных неинвазивных методов можно выявлять различные этапы становления ишемии миокарда – от начальных метаболических нарушений до стенокардии:

1. Исследование перфузии миокарда проводится с помощью радионуклидных методик – позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ), SPECT или сцинтиграфии миокарда с целью определения гетерогенности коронарного кровотока, ишемии миокарда. ПЭТ позволяет оценить миокардиальный кровоток и метаболические изменения, связанные с ишемией.

2. Систолическая дисфункция миокарда в «ишемическом каскаде» является позднее, чем гетерогенность кровотока, поэтому метод эхокардиографии (Эхо-КГ) является менее специфичным в диагностике ИБС, чем исследование нарушения перфузии при радионуклидных методах.

3. Изменения сегмента ST на электрокардиограмме (ЭКГ) как проявление ишемии миокарда встречаются еще позже, чем нарушения систолического движения стенки при Эхо-КГ, поэтому значение электрокардиографии при нагрузке в выявлении ишемии миокарда ограничено, особенно у пациентов с исходным снижением сегмента ST на ЭКГ в покое.

Однако доступность функциональных проб с физической нагрузкой большинству клиник делает методику самой популярной в диагностике ИБС.

По данным мета-анализа (147 публикаций, 24000 пациентов) чувствительность функциональных проб с физической нагрузкой в определении ИБС составила 68%, специфичность – 77%.

4. Ангинозный синдром появляется в самом конце «ишемического каскада» и является менее чувствительным, чем другие изменения при ишемии миокарда. Кроме того, он менее специфичен и имеет различную степень выраженности.

5. Продолжение ишемии миокарда после появления стенокардии приводит вначале к обратимому, далее к необратимому поражению миокарда.

***Показания к проведению визуализирующих методов исследования*** (стресс ЭхоКГ и перфузионной сцинтиграфии миокарда):

1. полная блокада левой ножки пучка Гиса;
2. постоянная электрокардиостимуляция желудочков;
3. синдромы предвозбуждения желудочков;
4. наличие депрессии сегмента ST в покое более 1 мм, в том числе у пациентов с гипертрофией левого желудочка и принимающих дигоксин;
5. неспособность пациента к выполнению физической нагрузки, достаточной для достижения диагностически значимых результатов пробы (показание для проведения фармакологических стресс-тестов);
6. после реваскуляризации миокарда для получения информации о локализации ишемии, функциональной значимости поражений коронарных артерий и наличия жизнеспособного миокарда.

Стресс-ЭхоКГ с использованием тредмила или велоэргометра по точности и эквивалентности конкурирует с радиоизотопными методами. Добутаминавая стресс-ЭхоКГ имеет преимущество в оценке жизнеспособности миокарда, но уступает нагрузочной эхокардиографии в оценке болевого синдрома, одышки, усталости.

Преимуществами стресс-ЭхоКГ перед радиоизотопными методами являются: более низкая стоимость и безопасность; наличие портативного оборудования; отсутствие облучения; быстрое получение результатов; возможность выявлять другие причины жалоб пациента.

**Перфузионная сцинтиграфия миокарда**

Выполняется в сочетании с пробой с физической нагрузкой (велоэргометра или тредмила). Пациентам, которые не способны адекватно выполнить физическую нагрузку, для создания стрессорной нагрузки на сердце можно использовать внутривенное введение добутамина. Позволяет установить локализацию ишемии миокарда во время нагрузки. Ишемию миокарда или недостаточно перфузируемые участки можно распознать как зону со сниженным накоплением изотопов во время физической нагрузки по сравнению с их накоплением в состоянии покоя. Для интерпретации результатов пробы ис-

пользуется полуколичественный анализ или томографическое изображение (СПЕКТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография).

Перфузионная сцинтиграфия и однофотонная эмиссионная компьютерная томография проводится с целью диагностики ИБС и отбора пациентов для проведения коронарографии, т.е. для определения тактики дальнейшего обследования и лечения, оценки эффективности хирургического лечения ИБС.

### ***Классификация функциональных проб:***

- пробы с физической нагрузкой (динамические, статические, смешанные, комбинированные);
- фармакологические пробы (провокационные и разрешающие пробы);
- электростимуляция предсердий;
- психоэмоциональные пробы (счет в уме, запоминание чисел, компьютерные задания);
- моделирование уменьшения венозного возврата крови к сердцу (ортостатическая проба);
- локальные воздействия на нервные окончания (холодовая проба, воздействие на барорецепторы аорты);
- воздействие на внешнее дыхание (проба Вальсальвы, гипервентиляционная проба, гипоксемическая проба).

### **Типы нагрузок**

Физические нагрузки делятся на изометрические (статические), изотонические (динамические) и комбинированные (резистивные).

Изометрическая нагрузка определяется как мышечное сокращение без движения (сжатие кисти, сохранение определенной позы, удержание тяжести), она в большей степени повышает артериальное давление (АД), чем объемное наполнение левого желудочка. Кардиоваскулярный ответ на изометрическое сокращение трудно стандартизировать. Кроме того, при этом типе нагрузки минутный объем кровообращения (МОК) увеличивается в меньшей степени, чем при изотонической нагрузке из-за повышенной резистентности (сопротивления) активных мышечных групп, ограничивающей доставку крови.

Изотоническая нагрузка – это мышечное сокращение, приводящее к движению (степ-тест, велоэргометрия, нагрузка на тредмиле). При динамических нагрузках происходит увеличение объемного наполнения левого желудочка, а кардиоваскулярный ответ на нагрузку пропорционален участвующей в сокращении мышечной массе и интенсивности нагрузки.

Комбинированные нагрузки – сочетание изометрической и изотонической нагрузки, т.е. – это нагрузки, направленные на преодоление сопротивления (поднятие тяжестей).

*Ключевой момент:* Динамические нагрузки предпочтительнее для тестирования, так как они в большей степени повышают МОК, чем уровень АД, а также – потому что их можно стандартизировать. Однако, обычно большин-

ство видов двигательной активности (служебная деятельность, занятия спортом) являются комбинацией всех трёх типов нагрузок.

### **Максимальное потребление кислорода**

При динамической нагрузке потребление кислорода легкими быстро повышается. После второй минуты каждой ступени нагрузки потребление кислорода обычно принимает стабильный характер (steadystate). В течение этого периода уровень ЧСС, МОК, АД и легочной вентиляции поддерживается на достаточно постоянном уровне.

Максимальное потребление кислорода (МПК) – это наибольшее количество потребляемого пациентом кислорода при выполнении динамической нагрузки, включающей в работу основную часть общей мышечной массы. МПК представлено количеством кислорода, транспортируемым и используемым в клеточном обмене. Удобно выражать потребление кислорода в единицах, кратных потреблению кислорода в условиях покоя. Метаболический эквивалент (МЕТ) – это потребляемое организмом количество кислорода в состоянии покоя, равное 3,5 мл O<sub>2</sub> на 1 кг массы тела в минуту (мл × кг<sup>-1</sup> × мин<sup>-1</sup>). В действительности, каждый человек в состоянии покоя потребляет в минуту индивидуальное количество O<sub>2</sub>, так что МЕТ является усредненной величиной. МПК зависит от возраста, пола, массы тела, уровня тренированности, наследственности, исходного состояния сердечно-сосудистой системы.

Значения МЕТ в зависимости от клинического состояния, а также – нормальные величины МПК у лиц разного пола и возраста указаны в таблицах 1 и 2. Следует учитывать, что МПК, достигаемое обследуемым при проведении нагрузки на тредмиле, на 5-20% выше, чем при ВЭМ [1, 8, 20].

Таблица 1. Клинические эквиваленты МЕТ.

1 МЕТ =	Состояние покоя
2 МЕТ =	Скорость ходьбы 2 мили/час
4 МЕТ =	Скорость ходьбы 4 мили/час
<5 МЕТ =	Неблагоприятный прогноз; предел нагрузок сразу после перенесенного инфаркта миокарда; средняя активность повседневной деятельности
10 METs =	Достаточно хорошее состояние; с точки зрения выживаемости аорто- коронарное шунтирование не полезнее медикаментозного лечения
13 METs =	Благоприятный прогноз независимо от других реакций на нагрузку
18 METs =	Отборные выносливые спортсмены
20 METs =	Спортсмены мирового класса

Таблица 2. Нормальные значения максимального потребления кислорода в зависимости от возраста и пола.

Возраст, лет	Мужчины	Женщины
20-29	43 ± 7,2 12 METs	36 ± 6,9 10 METs
30-39	42 ± 7,0 12 METs	34 ± 6,2 10 METs
40-49	40 ± 7,2 11 METs	32 ± 6,2 9 METs
50-59	36 ± 7,1 10 METs	29 ± 5,4 8 METs
60-69	33 ± 7,3 9 METs	27 ± 4,7 8 METs
70-79	29 ± 7,3 8 METs	27 ± 5,8 8 METs

Примечание: MET – метаболический эквивалент (1 MET = 3,5 мл×кг-1×мин-1); значения потребления кислорода выражены в миллилитрах на килограмм в минуту.

### **Потребление кислорода миокардом**

Потребление кислорода миокардом (MO<sub>2</sub>) определяется мышечным напряжением стенки сердца, его сократительной способностью и частотой сердечных сокращений. Точное измерение MO<sub>2</sub> требует сердечной катетеризации. Во время физической нагрузки MO<sub>2</sub> может оцениваться произведением достигнутой ЧСС и систолического АД, которое названо двойным произведением (ДП). Отечественными авторами принято полученную величину делить на 100. Существует линейная взаимосвязь между MO<sub>2</sub> и коронарным кровообращением.

Стенокардия обычно возникает при одних и тех же цифрах двойного произведения, а не при одном и том же уровне нагрузки.

*Ключевой момент:* наиболее важным принципом физиологии физических нагрузок является то, что потребление кислорода (VO<sub>2</sub>) и потребность миокарда в кислороде (MO<sub>2</sub>) имеют четкие детерминанты и методы измерения и оценки (Таблица 3). Хотя они тесно взаимосвязаны, это отношение может изменяться в процессе тренирующих нагрузок, а также – вследствие приема медикаментов (например, β-блокаторов).

Таблица 3. Показатели (максимальное потребление кислорода и потребление кислорода миокардом) и методы их измерения.

$VO_{2max}$ (МПК) измеряется при газоанализе или по достигнутому уровню нагрузки
$VO_{2max}$ (МПК) = МОК (ЧСС $\times$ УО) $\times$ артериовенозная разница по кислороду
$MO_2$ определяется напряжением стенки сердца (давление в ЛЖ $\times$ КДО ЛЖ), сократимостью и ЧСС. Определяется при катетеризации сердца.
$MO_2$ оценивается показателем ДП (двойное произведение) = ЧСС $\times$ систолическое АД

Примечание: МПК – максимальное потребление кислорода;  $MO_2$  – потребление кислорода миокардом; МОК – минутный объем кровообращения: количество крови в литрах, выбрасываемое сердцем за минуту, в норме – 6 л/мин в состоянии покоя; ЛЖ – левый желудочек; ЧСС – частота сердечных сокращений; УО – ударный объем: количество крови, выбрасываемое сердцем при одном сокращении, в норме – 80-90 мл в состоянии покоя; КДО – конечный диастолический объем.

### **Общие правила проведения ВЭМ, регистрации АД, ЧСС, ЭКГ**

1. Нагрузка должна непрерывно возрастать (перерывов между ступенями не делают). Скорость вращения педалей – 60 об/мин, на электрически-тормозящих велоэргометрах допускаются колебания от 50 до 80 об/минуту. Протокол теста должен максимально учитывать индивидуальные характеристики пациента, его оптимальная продолжительность до появления критериев прекращения теста должна составлять 8 – 12 минут.
2. Проба проводится утром, в хорошо проветренном помещении.
3. Проба проводится врачом вместе с медсестрой.
4. Врач и медсестра должны быть готовы к оказанию экстренной помощи пациенту при появлении у него патологических реакций во время проведения пробы.

В кабинете, где проводится проба, должна находиться легко передвигаемая кушетка. Дефибриллятор должен быть проверен и включен. Должны быть доступны нашатырный спирт и нитроглицерин.

Если нет ни палаты интенсивной терапии, ни отделения реанимации, в кабинете должны иметься в наличии медикаменты экстренной помощи: анальгетики, спазмолитики, мезатон, адреналин (норадреналин), атропин, растворы морфина (промедола), нитроглицерина, преднизолона, лидокаина, новокаинамида, обзидана, строфантина (коргликона), лазикса, гидрокарбоната натрия, физиологический раствор, раствор хлорида калия, 5%-й раствор глюкозы, спирт, воздуховоды оральные и трахеальные, масочный респиратор, ларингоскоп, шприцы, иглы, капельницы и пр.

5. Обязательно постоянное мониторирование ЭКГ не менее чем в 3 отведениях. Если нет возможности мониторировать все 12 отведений, идеальным вариантом можно считать мониторирование одного из нижних отведений (II, III, AVF), одного правого грудного отведения (V1-2), одного левого грудного (V5-6).

Все 12 отведений записывают до нагрузки, при завершении теста и на отдыхе.

6. Запись ЭКГ и измерение АД и ЧСС проводятся в конце каждой ступени нагрузки (за 20-30 секунд до её окончания), а также сразу при появлении изменений ST-сегмента ЭКГ или болевого синдрома, выраженной одышки и других критериев прекращения нагрузки.

При использовании «рэмпа»-протокола эти измерения проводятся не реже, чем каждые 2 минуты.

7. При проведении ранних тестов у пациентов с острым инфарктом миокарда контроль АД проводится в конце каждой минуты каждой ступени с целью обеспечения максимальной безопасности процедуры. Целесообразно делать это, начиная со второй ступени пробы, т.к. на первой ступени происходит период постепенного вработывания.

8. Нагрузка прекращается постепенно – первые 40-60 секунд восстановительного периода пациент продолжает вращать педали на «холостом» ходу в замедляющемся темпе.

9. В восстановительном периоде пациент мониторится до восстановления исходных АД, ЧСС и ЭКГ. Обычно измерение АД и ЧСС проводится на 1-й, 3-й, 5-й, 10-й минутах отдыха.

10. При появлении жалоб или изменений ЭКГ во время пробы либо после ее окончания необходимо регистрировать время их появления и исчезновения.

- При выполнении пробы надо **ПОСТОЯННО НАБЛЮДАТЬ** за пациентом и периодически **ОПРАШИВАТЬ** о наличии болей (в груди, конечностях, голове), выраженной одышке, нехватке воздуха или удушья, головокружении, потемнении в глазах.

- При появлении стенокардитических болей и отсутствии других ишемических проявлений (ЭКГ и клинических) тест продолжается на фоне боли не более 2 мин., если же боль усиливается, то не более 1 минуты. Если боль не исчезает и не ослабевает в течение 2 минут после нагрузки, дайте **НИТРОГЛИЦЕРИН** и наблюдайте за больным до полной стабилизации состояния.

- При церебральных жалобах нагрузку **ПРЕКРАТИТЬ И УЛОЖИТЬ** больного.

- При выраженной одышке или удушье – нагрузку **ПРЕКРАТИТЬ И УСАДИТЬ** больного, при сохранении одышки в течение 1-2 минут – дать нитроглицерин.

- Выраженное утомление или резкая слабость при возрастающих нагрузках требуют **ПРЕКРАЩЕНИЯ** пробы.

- Иногда признаки передозировки нагрузки, неадекватной реакции на нее проявляются затруднением координации движений, неустойчивостью равновесия, неадекватностью ответов пациента, затруднением словесного контакта.
- Появившееся в ходе нагрузки побледнение кожных покровов или резкая гиперемия, цианоз, холодный липкий пот указывают на НЕАДЕКВАТНУЮ РЕАКЦИЮ, связанную с падением или резким повышением АД.
- ЦИАНОЗ – признак ОСТРОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ кровообращения.
- НАИБОЛЕЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ СИМПТОМЫ – отсутствие прироста систолического АД при двух последовательных измерениях или его снижение ниже преднагрузочного уровня, а также урежение пульса при возрастающих нагрузках.

### ***Противопоказания к проведению стресс-тестов***

#### *Абсолютные противопоказания:*

1. острый инфаркта миокарда (в международных рекомендациях – в первые 2 суток, в руководствах российских авторов – менее 2-3 недель)
2. нестабильная стенокардия с высоким риском развития инфаркта миокарда (таблица 4) [17, 21, 22]
3. неконтролируемые аритмии, сопровождающиеся симптомами или нарушениями гемодинамики (частая групповая, политопная экстрасистолия, пароксизмальная тахикардия, атрио-вентрикулярная блокада 2-3 степени, тахиформа фибрилляции предсердий, остро возникшая внутрижелудочковая блокада)
4. симптомный тяжелый аортальный стеноз (площадь аортального клапана  $<1\text{ см}^2$ )
5. неконтролируемая симптомная сердечная недостаточность
6. острая легочная эмболия или инфаркт легких
7. острый миокардит, перикардит
8. острое расслоение аорты

#### *Относительные противопоказания:*

1. стеноз ствола левой коронарной артерии
2. умеренные клапанные стенозы
3. тяжелая артериальная гипертензия (САД выше 200 и/или ДАД выше 110 мм рт. ст.);
4. тахиаритмии (ЧСС более 100 в мин) или брадиаритмии (фибрилляция предсердий, пароксизмальная тахикардия)
5. гипертрофическая кардиомиопатия или другие формы обструкции выносящего тракта левого желудочка
6. психическая или физическая неполноценность, ведущая к невозможности адекватного проведения нагрузки и ее оценки (синдром перемежающейся хромоты, артрозоартриты)
7. электролитные нарушения

## 8. высокая степень атрио-вентрикулярной блокады

К противопоказаниям отечественные авторы также относят:

- миопия высокой степени
- склонность к обморочным состояниям
- тромбофлебит, варикозное расширение вен
- лихорадочные состояния
- политопная экстрасистолия
- некомпенсированный сахарный диабет, тиреотоксикоз

Таблица 4. Оценка ближайшего риска развития внезапной смерти или не фатального инфаркта миокарда у пациентов с нестабильной стенокардией.

Высокий риск <i>Наличие хотя бы одного из указанных признаков</i>	Средний риск <i>Отсутствие признаков высокого риска, но наличие любого из указанных</i>	Низкий риск <i>Отсутствие признаков высокого и среднего риска, но может быть любой из указанных</i>
<p>Продолжающаяся стенокардия покоя длительностью более 20 минут.</p> <p>Отек легких вследствие миокардиальной ишемии.</p> <p>Стенокардия покоя с переходящими смещениями сегмента ST <math>\geq 0,5</math> мм.</p> <p>Стенокардия, сопровождающаяся появлением/усилением шума митральной регургитации.</p> <p>Стенокардия, сопровождающаяся появлением/усилением III тона сердца, или появлением/увеличением хрипов в легких.</p> <p>Стенокардия, сопровождающаяся гипотензией, брадикардией, тахикардией.</p> <p>Появление блокады ножки п.Гиса (или подозрение на то, что она появилась остро).</p> <p>Устойчивая желудочковая тахикардия.</p> <p>Возраст старше 75 лет.</p> <p>Повышение тропонинов Т или I <math>&gt; 0,1</math> ng/ml</p>	<p>Наличие в анамнезе: инфаркта миокарда, аортокоронарного шунтирования, цереброваскулярных заболеваний, заболеваний периферических сосудов, предшествующего приема аспирина.</p> <p>Стенокардия покоя продолжительностью <math>&gt;20</math> минут, отсутствующая в настоящее время, у пациентов со средней и высокой вероятностью ИБС.</p> <p>Стенокардия покоя продолжительностью <math>&lt; 20</math> минут или купирующаяся в покое или после сублингвального приема нитроглицерина (на момент осмотра).</p> <p>Возраст более 70 лет.</p> <p>Инверсия зубца Т более 2 мм.</p> <p>Патологические зубцы Q.</p> <p>Небольшое повышение тропонинов Т или I <math>&gt; 0,01</math>, но <math>&lt; 0,1</math> ng/ml</p>	<p>Возникшая или прогрессирующая стенокардия на уровне III или IV класса (по Канадской классификации) в последние 2 недели с продолжительностью боли в покое <math>&lt; 20</math> минут у пациентов с высокой или средней вероятностью ИБС.</p> <p>Нормальная (или не меняющаяся) ЭКГ в момент болевых ощущений в грудной клетке.</p> <p>Нормальные значения тропонинов Т или I.</p>

Как и при любой другой процедуре, связанной с риском осложнений, врач должно быть уверенным, что обследуемый понимает ситуацию и признает возможность риска планируемого исследования. Если согласие пациента первоначально не получено, врач может быть признан ответственным за развитие неблагоприятных событий, даже если тест будет тщательно выполнен.

Предварительное заключение о результатах тестирования должно быть сделано врачом сразу после его окончания, а заключительная интерпретация результатов – не позднее 72 часов от проведения теста. В случаях получения патологического ответа на нагрузку заключение должно быть сделано настолько быстро, насколько это возможно [27].

### ***Оснащение кабинета для проведения проб с физической нагрузкой:***

- велоэргометр (тредмил);
- электрокардиограф;
- мониторное оборудование;
- тонометр;
- кушетка;
- дефибриллятор;
- дыхательный мешок типа Амбу; воздуховоды;
- лекарственные средства для оказания неотложной помощи;
- дополнительное обязательное условие – готовность медицинских работников на проведение реанимационных мероприятий.

### ***Условия проведения стресс-тестов:***

- пробу проводят через 2-3 часа после приема пищи, за 2-3 часа запрещается курение, не употреблять крепкий чай, кофе, алкоголь;
- температура в помещении – 20-22<sup>0</sup>С;
- если позволяет состояние пациента отменяют лекарственные средства, которые могут повлиять на толерантность к физической нагрузке (за 5–7 дней сердечные гликозиды, за 2 суток – диуретики,  $\beta$ -блокаторы, за 8 часов – нитраты, нитроглицерин – за 1 час); при отмене  $\beta$ -блокатора в день проведения исследования считается, что исследование проведено на фоне лечения;
- при оценке эффективности медикаментозной терапии – исследование проводится на фоне приема лекарственных средств.

### **Подготовка пациента к проведению теста**

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, особенно это касается обуви (легкие кроссовки, кеды); он должен исключить непривычные физические нагрузки как минимум за 12 часов до проведения исследования.

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.

Если пациент принимает медикаменты, то их названия, используемые дозы и кратность приема должны быть записаны, а в последующем указаны в заключении.

Когда тест выполняется для диагностических целей, должен быть обсужден вопрос об отмене медикаментов, поскольку некоторые лекарства изменяют ответ на нагрузку и усложняют интерпретацию теста.

Конкретные рекомендации по отмене и снижению доз препаратов отсутствуют, но при отмене  $\beta$ -блокаторов может произойти феномен отмены препарата. Поэтому большинство лиц тестируются на фоне привычного для них медикаментозного лечения. Врач должен быть осведомлен о медикаментах, принимаемых пациентом, в связи с возможными электролитными и другими отклонениями, обусловленными их приемом.

Если же принято решение о необходимости проведения теста на «чистом» фоне, то рекомендуются следующие сроки отмены препаратов: кордарони сердечные гликозиды – не менее чем за 14 дней до проведения теста; антагонисты кальция,  $\beta$ -блокаторы, мочегонные средства, препараты раувольфии, анаболические препараты, ингибиторы АПФ, седативные – за 48 часов; нитраты пролонгированного действия – за 12 часов.

Не отменяются противодиабетические препараты, антикоагулянты. Допускается прием нитроглицерина, но не менее чем за 2 часа до пробы [1, 8].

До проведения теста записывается ЭКГ покоя в 12 отведениях в горизонтальном положении, а также – в зависимости от используемого приспособления (велозергометр или тредмил) – в положении сидя или вертикальном.

Для выявления вазорегуляторных нарушений, особенно – депрессии ST, до начала тестирования ЭКГ и АД фиксируются при перемене положения тела из горизонтального в вертикальное.

С целью выбора наиболее оптимального протокола тестирования пациент опрашивается об уровне своей повседневной активности и степени тренированности.

## **Оборудование и протоколы**

### **Велозергометры**

Велозергометр менее дорог, занимает меньше пространства и производит меньше шума, чем тредмил. Движения верхней половины тела при велозергометрии менее выражены, чем при работе на тредмиле, что облегчает запись ЭКГ и измерение АД. Однако надо обращать внимание на то, чтобы предотвратить изометрические нагрузки и нагрузки, направленные на преодоление сопротивления, зависящие от положения рук пациента – пациент не должен с силой сжимать руль, плечевой пояс должен быть расслаблен. Пациент не должен приподниматься в седле. Высота седла устанавливается на таком уровне, чтобы в нижнем положении педали нога была полностью выпрямлена в коленном суставе.

Основное ограничение в проведении теста на велоэргометре – это непривычное положение и появление усталости в квадрицепсах. Обычно усталость в ногах у неопытного "велосипедиста" заставляет пациента прекращать нагрузку прежде, чем достигается истинное МПК. 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.

### **Протоколы велоэргометрии**

Под «протоколом» понимается выбор начальной ступени и шага увеличения нагрузки.

Существуют 4 типа протоколов нагрузочных тестов:

- непрерывные одноступенчатые;
- 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.

При этом считается, что необходимо учитывать индивидуальные характеристики обследуемых: пол, возраст, массу тела, рост, тренированность и пр.

Последние зарубежные и отечественные руководства по нагрузочному тестированию рекомендуют выбирать такой протокол теста, который позволит достигнуть планируемого критерия прекращения за 6-12 (идеально, если 8-12) минут работы [4, 11, 23, 26, 27]. Именно этого времени достаточно для того, чтобы, с одной стороны, оценить адекватность гемодинамических параметров на каждой ступени, с другой – обеспечить преимущественно аэробный характер нагрузки [2, 13].

Показано, что при непрерывных пробах, 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 [12].

В большинстве случаев основой для выбора исходной ступени и шага увеличения нагрузки служат работы Д.М. Аронова и соавт.: для пациентов с ИБС и у женщин начинать нагрузку с 25 Вт, у тренированных лиц – с 75 Вт, у остальных – с 50 Вт. Шаг увеличения нагрузки при этом соответствует величине первой ступени.

Однако, при таком подходе у значительной части обследуемых продолжительность теста оказывается или больше, или меньше рекомендованных 8-12 минут.

Ключевой момент: протокол должен быть максимально индивидуализирован таким образом, чтобы продолжительность непрерывной нагрузки к моменту достижения критериев ее прекращения составляла от 6 до 12 минут (идеально – 8-12 минут). Нагрузка должна состоять из фазы разминки с небольшой интенсивностью и прогрессивной физической нагрузки до максимального (для испытуемого) уровня.

При тестировании пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями для выбора максимально индивидуализированного протокола теста можно использовать анкету DASI (Duke Activity Status Index), известную как Индекс Активности Университета Дюка [6, 24]:

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

Полученная величина будет характеризовать исходные функциональные возможности обследуемого.

Тавровской Т.В. предложен следующий способ расчета предполагаемой максимальной для данного пациента нагрузки, используя приводимую выше формулу, сопоставляющую нагрузку в ваттах с МЕТ:

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

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

Пример: пациент с массой тела 80 кг отвечает положительно на 1-4, 6-7, 9-10 вопросы. Сумма баллов:  $2,75 + 1,75 + 2,75 + 5,5 + 2,7 + 3,5 + 4,5 + 5,25 = 28,7$ . Тогда  $МЕТ = (0,43 \times 28,7 + 9,6)/3,5 = 6,3$ .

Предполагаемая максимальная мощность нагрузки будет равна  $(6,3 \times 80 - 90)/3,44 = 120 \text{ Вт}$ , а первая ступень и шаг увеличения нагрузки при планиру-

емой продолжительности теста в 12 минут будут равны  $\frac{1}{4}$  максимальной мощности, т.е. – 30 Вт.

При использовании такого подхода у большинства обследованных нами пациентов критерии прекращения нагрузки были достигнуты в среднем за 8 минут работы [15].

**Велоэргометр** позволяет дозировать физическую нагрузку, выраженную в ваттах (Вт) или килограммометрах (кгм). Работа, выполненная в единицу времени – мощность. Единицы мощности: 1 Вт = 6,12 кгм/мин = 1дж/с = 0,1433 ккал/мин; 1 кгм/мин = 0,167 Вт = 9,807 Дж.

**Тредмил** позволяет дозировать физическую нагрузку путем изменения скорости движения (от 1 до 10 миль/ч) и угла наклона движущегося полотна (подъем на 5 см относительно медианы дорожки = 5% или 2,5°).

В качестве единицы измерения мощности нагрузки используют метаболическую единицу – МЕ. МЕ измеряется количеством кислорода (в миллилитрах за 1 мин), потребляемого человеком в состоянии покоя (основного обмена), или энергетическим эквивалентом этого количества (ккал/мин, кДж/мин).

1 МЕ = 1,2 кал/мин. 1МЕ = 3,5-4 мл/мин/кг O<sub>2</sub> обозначает, что в среднем человек поглощает такое количество кислорода в минуту на 1 кг массы тела в условиях основного обмена (покоя). Определение числа метаболических единиц во время нагрузки показывает, во сколько раз возрастает потребление кислорода относительно его уровня в покое.

### **Протоколы тредмил-теста**

Протокол Bruce используется для пациентов с предполагаемой хорошей переносимостью нагрузки. 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.

Модифицированный протокол Bruce используется в случае, если есть сомнения в возможности удачного завершения теста, в том числе одно из относительных противопоказаний к тестированию, основанием для проведения исследования по этому варианту протокола является также предположение о невысоком уровне толерантности к физической нагрузке, пациент может устать раньше, чем достигнет субмаксимальной ЧСС, и проба будет не информативна.

Протоколы Naughton и Balke используются для тестирования пациентов с очень низкой толерантностью к физической нагрузке и/или пациентов с недостаточностью кровообращения. Эти протоколы лежат в основе формирования тренировочных программ для пациентов отделений и кабинетов кардиореабилитации.

### ***Субмаксимальное и максимальное тестирование***

Максимальной считается нагрузка, при которой достигается максимальное потребление кислорода (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.

Интерпретация результатов нагрузочного тестирования с диагностической и прогностической целью подразумевает оценку максимальной работоспособности. Если пациент не способен выполнить нагрузку средней интенсивности или достичь 85-90% расчетной возрастной ЧСС, величина выполненной нагрузки не позволяет оценить резервы кардиореспираторной системы и тест считается неинформативным. Чаще всего неинформативным оказывается тест у пациентов с заболеваниями периферических сосудов, ортопедическими ограничениями, неврологическими заболеваниями и у лиц с низкой мотивацией к выполнению нагрузок. У этой группы лиц предпочтительнее использовать стресс-визуализирующие методики (стресс-ЭХОКГ, сцинтиграфию миокарда).

Учитывая почти линейную зависимость ЧСС и мощности нагрузки, для лиц разного пола и возраста экспериментально разработаны таблицы субмаксимальной нагрузки, соответствующей или 75% от максимального потребления кислорода, или 85-90% от максимальной ЧСС (Таблицы 5-7). Следует отметить, что отсутствует единое мнение о том, какая именно ЧСС соответствует 75% от максимальной нагрузки.

Максимальное число сердечных сокращений рассчитывается по формуле:  $220 - \text{возраст пациента}$ ; 75% субмаксимальная ЧСС определяется по таблице K.L. Andersen и соавт., 1970 г., 85% субмаксимальная ЧСС с помощью формулы:  $200 - \text{возраст пациента}$ .

Истинные значения максимальной возрастной ЧСС подвержены значительным колебаниям – стандартное отклонение от среднего значения составляет до 12 уд/минуту. Таким образом, целевая 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. Максимальным считается тест, при котором достигнуто максимальное утомление (точка телесного изнеможения) или появляются клинические симптомы, требующие прекращения нагрузки - тест называется симптом-ограниченным (maximum symptom-limited exercise-tolerance test, symptom-limited maximum exercise test).

Таблица 5. Частота сердечных сокращений при различных уровнях потребления кислорода.

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

Таблица 6. Частота сердечных сокращений на уровне 85% от максимальной возрастной нормы.

ЧСС (уд/мин)	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% от максимальной	179	177	175	173	172	170	168	166	164	162	158

Таблица 7. Субмаксимальный уровень ЧСС при нагрузках на велоэргометре (85% от максимальной ЧСС для женщин и нетренированных мужчин и 90 % - для тренированных мужчин).

Обследуемые	Возраст (лет)									
	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69
Нетренированные мужчины	168	166	164	162	160	158	156	154	152	150
Тренированные мужчины	172	170	168	166	164	162	160	158	156	154
Женщины	169	165	162	158	154	151	147	143	-	-

Примечание: тренированными считаются мужчины, занимающиеся физической работой не менее 3 дней в неделю, либо занимающиеся физическими тренировками не менее 3 раз в неделю продолжительностью не менее 40 минут.

### Оценка интенсивности нагрузки

Субъективная оценка пациентом интенсивности выполненной нагрузки является надежным показателем утомляемости. Поэтому, для определения интенсивности нагрузки рекомендуется ориентироваться не только на целевую

возрастную ЧСС, а использовать шкалу субъективной оценки испытанного усилия, разработанную Боргом (Таблица 8).

Шкала основана на том, что степень испытанного усилия и ЧСС линейно взаимосвязаны друг с другом, а также с интенсивностью нагрузки. Оригинальная 15-уровневая шкала отражает реальную ЧСС у молодых людей. Она создана таким образом, что прибавляя ноль к каждой цифре, получается та ЧСС, которая соответствует данной интенсивности нагрузки. Например, нагрузке 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 взаимосвязь 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% от максимальной).

Значительные колебания воспринятого пациентами усилия при достижении одной и той же возрастной ЧСС лишней раз подтверждают, что максимальная ЧСС подвержена значительным индивидуальным колебаниям и не стоит на нее ориентироваться как на критерий прекращения нагрузки.

Таблица 8. 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 BorgGA. Med Sci Sports Exerc. 1982;14:377-387).

**Критерии прекращения нагрузки:** клинические, электрокардиографические, технические.

***Абсолютные показания к прекращению нагрузки:***

- Снижение систолического АД на 10 мм рт.ст. и более от исходного уровня, несмотря на увеличение нагрузки, в сочетании с другими признаками ишемии.
- Усиливающаяся стенокардитическая боль средней и выраженной интенсивности.
- Нарастающие неврологические симптомы (нарушение координации, головокружение, предсинкопэ).
- Признаки периферической гипоперфузии (бледность кожных покровов, цианоз).
- Технические трудности мониторинга ЭКГ или систолического АД.
- Отказ пациента от продолжения нагрузки.
- Устойчивая желудочковая тахикардия.
- Подъем ST на 1 мм и более (кроме отведений V1 и AVR)
- Депрессия сегмента ST  $\geq 1$  мм [23].

***Относительные показания к прекращению нагрузки:***

- Снижение систолического АД на 10 мм рт.ст. и более от исходного уровня, несмотря на увеличение нагрузки, при отсутствии других признаков ишемии.
- Такие изменения ST и комплекса QRS как: горизонтальная или косо нисходящая депрессия ST более 2 мм; изменение электрической оси сердца.
- Такие нарушения ритма сердца как: политопная желудочковая экстрасистолия, желудочковые «триплеты», суправентрикулярные тахикардии, атриовентрикулярные блокады и брадиаритмии.
- Появление блокады проведения по ножкам пучка Гиса и внутрижелудочковых блокад, которые сложно от дифференцировать от желудочковой тахикардии.
- Утомление, выраженная одышка, хрипы в легких, боли и слабость в мышцах ног.
- Нарастающая боль в груди.
- Повышение систолического АД более 250 мм рт.ст. и/или диастолического АД более 115 мм рт.ст.

К указанным выше критериям отечественные авторы [1, 7] добавляют:

- Отсутствие адекватного прироста систолического АД, начиная с 3 ступени нагрузки.
- Появление или учащение любой экстрасистолии с частотой 1:10 и чаще; появление парной желудочковой экстрасистолии.
- Предосторожность врача.
- Достижение расчетной максимальной или субмаксимальной возрастной ЧСС.

Следует отметить, что авторы отечественных монографий предлагают использовать критерии прекращения нагрузки, в той или иной степени отличающиеся от указанных выше. Например, критические значения систолического и диастолического АД в отечественных изданиях указываются от > 210 до 250 мм рт.ст. для систолического и от 110 до 130 мм рт.ст. – для диастолического АД; критическим уровнем депрессии сегмента ST предлагается считать 1 мм и более, а подъема ST – 2 мм и более; предлагается прекращать тест при снижении АД на 10 мм рт.ст. от исходного уровня вне зависимости от других признаков вероятной ишемии и пр. Учитывая существенные различия в используемых разными исследователями критериях прекращения нагрузки, причина прекращения теста обязательно должна быть указана и конкретизирована в заключении о результатах теста.

**Технические критерии прекращения проб:** неполадки в мониторном, ЭКГ-оборудовании, дефибриляторе.

### **Восстановительный период**

Некоторые патологические ответы на нагрузку появляются только в периоде восстановления. Если во время теста пациентом достигнуты максимальные усилия, в восстановительном периоде он должен быть уложен на кушетку. Однако, в большинстве случаев врачи исходят из соображений удобства для пациента и предпочитают использовать в восстановительном периоде сидячее положение обследуемого.

Снижение нагрузки должно происходить постепенно для предотвращения ваготонических реакций в виде значительного снижения АД и развития брадикардий – вращение педалей в замедляющемся темпе на нулевом уровне нагрузки (при отсутствии сопротивления) должно продолжаться в течение 40-60 секунд после окончания теста.

Постнагрузочное наблюдение должно продолжаться в течение 6 – 8 минут, а если за это время показатели АД, ЧСС и ЭКГ не вернулись к исходным значениям, то – до их нормализации.

Если наблюдение проводится в положении лежа, то у 85% обследуемых с патологическими реакциями на нагрузку в течение первых 4-5 минут восстановительного периода эти изменения появляются.

Патологические изменения ЭКГ, появляющиеся только в периоде восстановления, встречаются нечасто и более вероятны для ложно-положительных ответов.

По данным М.Л. Поллока и Д.Х. Шмидта [6] 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 рассматривать как ложно-положительную реакцию.

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

## **ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ [20, 22]**

Интерпретация полученных результатов включает оценку функциональных возможностей обследуемого, а также – клинического состояния, гемодинамических и электрокардиографических реакций на нагрузку.

### *1. Симптомы*

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.

Оценка выраженности приступа стенокардии при проведении пробы с физической нагрузкой может быть проведена по шкале G. Borg и соавт. (1981), модифицированной В.И. Метелицей (1996) [1]:

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.

### *2. Внешний вид пациента*

По изменению внешнего вида пациента можно косвенно судить о его клиническом состоянии.

Падение температуры кожи, холодный пот, периферийный цианоз, появляющиеся во время теста, могут указывать на гипоперфузию тканей из-за неадекватного сердечного выброса и вторичной вазоконстрикции. Таким лицам не должны даваться максимальные нагрузки. Такие неврологические симптомы, как появление обморока или головокружения могут также быть проявлением неадекватного сердечного выброса.

О нагрузке, близкой к максимальному уровню, свидетельствуют такие симптомы как влажная прохладная кожа, резкая мышечная усталость, частое дыхание [8].

### *3. Медицинский осмотр*

Аускультация сердца, проведенная сразу после окончания теста, может выявить признаки ишемической дисфункции левого желудочка в ответ на нагрузку: например, появление ритма галопа или прекордиальной пульсации. Появление шума митральной регургитации предполагает папиллярную дисфункцию, которая может быть обусловлена транзиторной ишемией миокарда. Предпочтительно выслушивать пациента в положении лежа (после выполнения теста), а тех, у кого в положении лежа развивается одышка – в положении сидя.

*Ключевой момент:* симптомы и признаки ишемии, спровоцированные нагрузкой, имеют большое клиническое значение, а их сочетание влияет на интерпретацию теста.

### *4. Оценка функциональных возможностей*

МПК – мера функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы и наилучший показатель физической работоспособности. Как уже сказано выше, МПК зависит от многих показателей (предшествующая физическая подготовка, возраст, пол) и является косвенной оценкой максимального сердечного выброса. Его снижение может быть обусловлено ИБС и обычно сопровождается снижением физической работоспособности. Хотя многие пациенты прекращают нагрузку из-за появления ангинозной боли, механизмом ограничения сердечного выброса является уменьшение ударного объема и ЧСС, а также – повышение давления в легочных артериях. У здоровых женщин по сравнению со здоровыми мужчинами при нагрузках значительной интенсивности фракция выброса левого желудочка приобретает вид "плато", а на максимальных нагрузках – даже может снижаться.

В среднем физическая работоспособность (maximal work capacity) здоровых нетренированных мужчин среднего возраста находится на уровне 10 МЕТ. У пациентов с установленной или вероятной ИБС ограничение способности к выполнению нагрузки ассоциируется с повышенным риском кардиальных событий, более тяжелой ИБС и неблагоприятным прогнозом.

Если пациенты с ИБС достигают 10-13 МЕТ, их дальнейший прогноз является благоприятным, независимо от других возможных реакций на нагрузку. Летальность среди лиц, у которых физическая работоспособность находится на уровне 5 МЕТ и меньше, существенно выше по сравнению с теми, у кого показатели работоспособности лучше.

Нормальная физическая работоспособность не исключает тяжелую сердечную патологию.

*Ключевой момент:* физическая работоспособность 5 МЕТ и менее ассоциируется с плохим прогнозом у пациентов моложе 65 лет. Физическая работоспособность 10-13 МЕТ является признаком благоприятного прогноза независимо от других возможных патологических реакций на нагрузку. Нет четкой корреляции между фракцией выброса левого желудочка в покое и физической работоспособностью.

## *5. Гемодинамические реакции на нагрузку*

### *5.1. Реакция АД на нагрузку*

Ключевой момент: падение систолического давления на фоне нагрузки ниже исходного уровня (ниже уровня АД, зарегистрированного в покое) ассоциируется с повышенным риском у лиц с перенесенным инфарктом миокарда или миокардиальной ишемией.

### *5.2. ЧСС на фоне нагрузки*

Сравнительно высокая ЧСС во время субмаксимального теста или в периоде восстановления может являться следствием детренированности, длительного постельного режима, анемии, метаболических нарушений, а также наблюдается в случаях, когда снижаются объем крови в сосудистом русле и периферическое сопротивление. Также это часто встречается в ранние сроки после инфаркта миокарда и хирургического вмешательства на коронарных сосудах.

Сравнительно низкая ЧСС на протяжении субмаксимального теста может быть следствием хорошей физической подготовки, увеличивающей ударный объем, или результатом действия лекарств.

Широкое использование  $\beta$ -блокаторов, которые снижают ЧСС, усложняет интерпретацию ответа ЧСС на нагрузку. Любые состояния, влияющие на функцию синусового узла, могут изменить нормальный ответ ЧСС на нагрузку.

*Ключевой момент:* снижение функциональных возможностей, а также – патологические реакции систолического АД и ЧСС могут являться следствием дисфункции левого желудочка, ишемии, приема кардиотропных препаратов, или дисфункции проводящей системы.

#### *6. Изменения ЭКГ при нагрузке*

Наиболее важной ЭКГ-находкой при тестировании является появление депрессии или подъема (элевации) сегмента ST.

##### *6.1. Общие правила оценки ЭКГ*

- При классическом способе оценки смещения сегмента ST (рис.1) его изменения оцениваются не менее чем по трем последовательным QRS, которые должны быть расположены на стабильной изолинии [18, 28].
- Уровень смещения ST оценивается относительно PQ-сегмента (от начала комплекса QRS), поскольку он при нагрузке снижается из-за ранней предсердной реполяризации, а UP-сегмент исчезает из-за учащения ЧСС.
- Точкой для измерения смещения сегмента ST считается точка i (ischemia), расположенная на 60-80 мсек от точки J [1]. Точка J («Junction») – это место окончания комплекса QRS, где зубец S или R (при отсутствии зубца S) переходит в сегмент ST (рис.2).

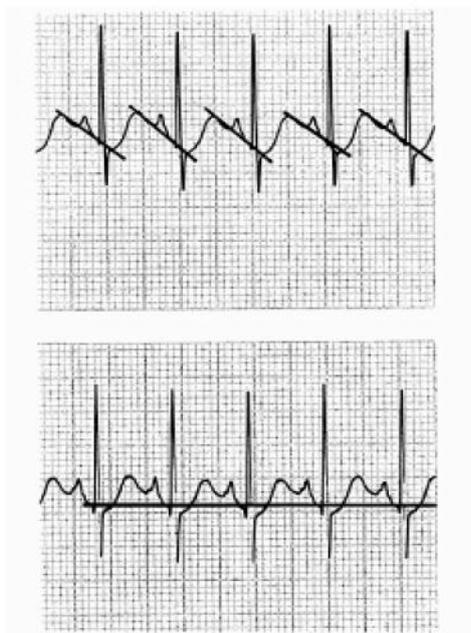


Рисунок 1. Два метода определения изолинии для измерения депрессии сегмента ST.

Примечание: Метод определения изолинии по сегменту PR (вверху): линия проводится от начала P-волны до начала QRS-комплекса. Этот метод удобнее использовать при наличии артефактов, связанных с двигательной активностью.

Метод определения изолинии по сегменту PQ-PQ (внизу) – традиционный метод: линия проводится от начала одного комплекса QRS до начала следующего QRS-комплекса. Для правильного измерения смещения ST-сегмента необходимо, чтобы несколько QRS-комплексов находились на одной изолинии [28].

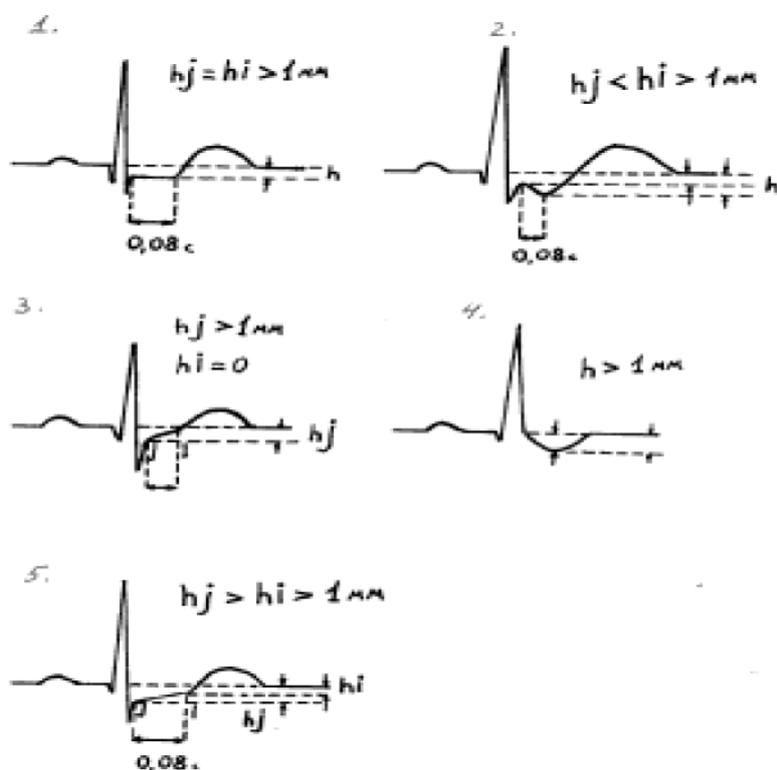


Рисунок 2. Способы оценки и виды депрессии сегмента ST.

Примечание: 1 - горизонтальная депрессия; 2 – косо нисходящая депрессия; 3 – быстрая косо восходящая депрессия; 4 – корытообразная депрессия; 5 – медленная косо восходящая депрессия.

- При исходной депрессии сегмента ST патологической считается дополнительная к исходной депрессия точки i (ischemia) не менее чем на 1 мм.
- При исходном подъеме точки J на ЭКГ покоя (синдром ранней реполяризации желудочков) депрессия сегмента ST оценивается не от его исходного уровня, а от уровня сегмента PQ или PR (от места соединения сегмента PQ с зубцом Q или с зубцом R).
- Подъем сегмента ST не оценивается в отведениях V1 и AVR.

- При тахикардии менее 130 уд/мин уровень ST оценивается в точке, расположенной на расстоянии 80 мсек от точки J, а при ЧСС более 130 уд/минуту – на расстоянии 60 мсек.

Подъем сегмента ST обычно оценивается на расстоянии не 80, а 60 мсек от точки J [18].

- Несмотря на достоинства компьютерного анализа, считается необходимым проводить визуальный анализ ЭКГ-изменений из-за значительного количества получаемых при компьютерном анализе ложно-положительных результатов оценки смещения ST-сегмента, связанных с плаванием изолинии.

## *6.2. Патологические ответы ЭКГ на нагрузку*

### *Изменения сегмента ST*

**ST-депрессия.** Депрессия ST – основной признак индуцированной нагрузкой ишемии. Она является результатом субэндокардиальной ишемии и зависит от положения сердца в грудной клетке.

Стандартным критерием патологического ответа ST (предиктором ИБС) является горизонтальная или косо нисходящая депрессия ST глубиной 0,10 mV (1 мм) или более, длящаяся в течение 80 миллисекунд от окончания комплекса QRS. Тем не менее, как показано на рисунке 5, существуют и другие критерии патологической реакции ST. Косонисходящая депрессия является более значимым признаком ИБС, чем горизонтальная и обе они имеют большую предсказательную ценность, чем косовосходящая депрессия.

О медленной косовосходящей депрессии ST говорят в случае, когда при косовосходящем типе сегмента ST точка i расположена ниже изолинии на 1 мм и более [1].

В зарубежных руководствах [18] критерием медленной косовосходящей депрессии считается депрессия точки i не менее чем 1,5 мм, иначе она расценивается как быстросходящая. Быстро восходящая депрессия считается вариантом нормального ответа сегмента ST на нагрузку. Считается, что медленная косовосходящая депрессия сегмента ST обладает достаточной диагностической значимостью у пациентов с исходно высокой предтестовой вероятностью ИБС, в то время как у асимптомных пациентов и лиц с низкой предтестовой вероятностью ИБС ее значение менее ясно.

При наличии исходно измененной ЭКГ, индуцированная нагрузкой депрессия является менее специфичной для ишемии. Другие показатели, связанные с вероятностью и тяжестью ИБС, включают глубину депрессии, время ее появления, длительность и число отведений с депрессией сегмента ST.

Появление ишемических изменений на малых мощностях нагрузки и в связи с этим – низкие цифры ДП, являются признаком плохого прогноза и вероятного многососудистого поражения. Стойкая ST-депрессия на отдыхе также предполагает тяжелую форму ИБС.

*Ключевой момент:* основным признаком ишемии является горизонтальная и косонисходящая депрессия сегмента ST (вектор ST не должен быть направлен вправо вверх). Вероятность и тяжесть ИБС непосредственно связана с

глубиной ST-депрессии (чем больше депрессия, тем более серьезная и тяжелая форма ИБС).

**Подъем сегмента ST.** Наиболее частой причиной подъема ST на ЭКГ покоя у здоровых лиц является синдром ранней реполяризации желудочков (СРРЖ).

Подъем сегмента ST необходимо дифференцировать в зависимости от того, регистрируется ли он на фоне Q-зубца после инфаркта миокарда, или же он появляется при отсутствии зубца Q. Механизмы его подъема в этих случаях – различны. Более часто подъем ST при наличии зубца Q наблюдается в передних грудных отведениях (V1 и V2).

**Подъем сегмента ST в отведениях с Q на фоне перенесенного инфаркта миокарда.** Предшествующий инфаркт миокарда является наиболее частой причиной подъема ST во время проведения теста с нагрузкой и прямо связан с существованием зон дискинезии или аневризмы левого желудочка.

Индукированный нагрузкой подъем сегмента ST наблюдается приблизительно у 50% пациентов с передним инфарктом миокарда при тестировании в первые 2 недели от развития инфаркта миокарда и у 15% – с нижним, а к 6 неделе частота подъема сегмента ST у этих пациентов снижается.

Лица с зарегистрированным подъемом ST в таких случаях имеют более низкую фракцию выброса, чем пациенты с зубцом Q, но без индуцированной нагрузкой ST-элевацией. В большинстве случаев индуцированная нагрузкой элевация сегмента ST в отведениях с патологическим зубцом Q не является признаком более выраженной ИБС и редко отражает миокардиальную ишемию.

Считается, что подъем сегмента ST в отведениях с Q в случае ишемии носит преимущественно T-доминантный характер, тогда как ST-доминантный характер – при отсутствии ишемии, являясь следствием дискинезии [3].

Исходное поражение миокарда (глубина Q) в большей степени влияет на степень подъема ST, чем отражает выраженность миокардиальной дисфункции.

Эти изменения могут быть результатом реципрокной депрессии ST, которая отражает ишемию в противоположных отведениях и может свидетельствовать о появлении новых зон ишемии. Одновременное снижение и подъем ST в противоположных отведениях во время теста предполагает наличие многососудистого поражения коронарных сосудов, а у пациентов с перенесенным 6-8 недель назад Q-инфарктом миокарда, обусловленным однососудистым поражением (подтвержденном при коронарографии) – о вероятном остаточном стенозе инфаркт-связанной артерии.

**Подъем сегмента ST при отсутствии зубца Q.** У пациентов без перенесенного инфаркта миокарда в анамнезе (отсутствие зубца Q на ЭКГ покоя) подъем сегмента ST (кроме отведений V1 и AVR) при нагрузке свидетельствует о тяжелой преходящей ишемии вследствие значимого проксимального стеноза или спазма коронарной артерии. Этот феномен встречается редко – 1 на 1000 тестов, а у пациентов с обструктивной ИБС – в 1% случаев. Он лока-

лизуется место ишемии: например, подъем сегмента ST в отведениях V2–V4 свидетельствует о поражении передней межжелудочковой артерии; в боковых отведениях – о поражении огибающей артерии или диагональных ветвей; в отведениях II, III, AVF – о поражении правой коронарной артерии.

*Ключевой момент:* тяжелая трансмуральная ишемия является причиной подъема сегмента ST при нагрузке у лиц без предшествующего инфаркта миокарда (или без зубца Q на ЭКГ покоя). Подъем сегмента ST в этом случае локализует зону ишемии в отличие от депрессии ST, которая является следствием общей субэндокардиальной ишемии и не конкретизирует место поражения коронарной артерии.

У пациентов с вариантной (спастической) стенокардией подъем сегмента ST регистрируется одновременно с появлением стенокардии, часто это происходит в покое. При нагрузке подъем сегмента ST у таких пациентов отмечается только в 30% случаев. У многих пациентов с подъемом сегмента ST в противоположных отведениях регистрируется реципрокная депрессия ST. Подъем сегмента ST при нагрузке является аритмогенным – при нем чаще регистрируются желудочковые аритмии.

#### ***Диагностическая ценность изменений зубца R.***

Существует много факторов, влияющих на изменение амплитуды зубца R при нагрузках. Изменения амплитуды зубца R при нагрузке не являются диагностически значимыми.

#### ***Зубец T.***

Индуцированная нагрузкой инверсия зубца T у пациентов с исходно нормальной ЭКГ покоя является маркером миокардиальной ишемии и предполагает поражение передней нисходящей ветви левой коронарной артерии (передней межжелудочковой артерии). У пациентов, перенесших инфаркт миокарда, нормализация исходно отрицательного зубца T свидетельствует о большем коронарном резерве, чем у тех, у кого зубец T остается во время нагрузки отрицательным. У пациентов с низкой предтестовой вероятностью ИБС нормализация исходно инвертированного зубца T не является диагностически значимой находкой, в то время как у пациентов с документированной ИБС может быть маркером ишемии.

### ***Показания к проведению нагрузочного теста для диагностики ИБС***

[21, 22, 23]

Класс I:

1. Взрослые лица (включая пациентов с исходной полной блокадой правой ножки пучка Гиса на ЭКГ покоя или исходной депрессией сегмента ST менее 1 мм) со средней предтестовой вероятностью ИБС, рассчитанной с учетом пола, возраста и клинических симптомов (Таблицы).

Класс IIА:

1. Пациенты с вазоспастической стенокардией.

Класс IIВ:

1. Пациенты с высокой вероятностью ИБС, рассчитанной на основании пола, возраста и клинических симптомов.
2. Пациенты с низкой вероятностью ИБС, рассчитанной на основании пола, возраста и клинических симптомов.
3. Принимающие дигоксин пациенты с исходной депрессией сегмента ST менее 1 мм.
4. Пациенты с ЭКГ-признаками гипертрофии левого желудочка при исходной депрессии сегмента ST менее 1 мм.

Класс III:

1. Пациенты с такими исходными изменениями ЭКГ как: синдром предвозбуждения (WPW- синдром), ритм постоянного желудочкового кардиостимулятора, исходная депрессия ST 1 мм и более, полная блокада левой ножки пучка Гиса.
2. Пациенты с доказанной ИБС (документированным инфарктом миокарда, или предшествующей коронарографией, подтверждающей наличие значимого коронаростеноза). Однако, тестирование у этих пациентов может проводиться с целью стратификации риска и оценки прогноза.

### ***Предтестовая вероятность ИБС***

Клиническая оценка вероятности наличия у пациента обструктивной коронарной болезни сердца базируется на анамнезе (включая пол, возраст и характер болевого синдрома в грудной клетке), первичном опросе и осмотре пациента, а также – на врачебном опыте в этой области знаний.

Таблица 9 представляет собой модификацию таблиц предтестовой вероятности ИБС, разработанных G.A. Diamond и J.S. Forrester [19]. Наличие типичной стенокардии делает предтестовую вероятность ИБС настолько высокой, что результаты тестирования не могут существенно ее изменить. Тем не менее, у этих пациентов тестирование может быть проведено по другим соображениям. Атипичная (вероятная) стенокардия у 50-летних мужчин и 60-летних женщин ассоциируется приблизительно с 50% вероятностью ИБС.

Нагрузочное тестирование наиболее полезно в группе лиц со средней предтестовой вероятностью (особенно, когда предтестовая вероятность составляет 40-70%), поскольку его результаты в наибольшей степени влияют на постановку им диагноза ИБС.

Типичная стенокардия определяется как:

1. Боль за грудиной типичного характера и продолжительности;
2. Боль провоцируется физической или эмоциональной нагрузкой;
3. Боль купируется в покое или после приема нитроглицерина.

Атипичная (вероятная) стенокардия – наличие двух из приведенных выше характеристик.

Нестенокардитическая боль – наличие одной из приведенных выше характеристик или их отсутствие.

Предлагаются и другие способы оценки предтестовой вероятности ИБС, учитывающие такие характеристики как курение, сахарный диабет, гиперхолестеринемию, наличие на исходной ЭКГ зубца Q и изменений ST-T.

### ***Посттестовая вероятность ИБС***

Наиболее важным для врача является возможность оценить по результатам проведенного нагрузочного теста – есть у пациента ИБС или нет. Такая оценка не может быть проведена корректно, если основывается только на результате тестирования без учета предтестовой вероятности ИБС. Теорема Байеса гласит, что посттестовая (апостериорная) вероятность – это произведение предтестовой (априорной) вероятности и вероятности того, что тест выявил истинный результат.

Клиницисты обычно проводят эту оценку интуитивно. Например, при получении при нагрузке депрессии сегмента ST глубиной 1 мм у 30-летней женщины с атипичной стенокардией (низкая предтестовая вероятность ИБС), врач оценивает результат как вероятно ложно-положительный, в то время как аналогичное смещение сегмента ST у 60-летнего мужчины с типичной стенокардией (высокая предтестовая вероятность ИБС) расценивается врачом как явно положительный результат. Таблицы 9, 10, 11 показывают, как оценить предтестовую и посттестовую вероятность ИБС в процентах на основании пола, возраста, характера болевого синдрома и полученной при нагрузке депрессии сегмента ST.

Таблица 9. Предтестовая вероятность ИБС (на основании данных о возрасте, поле, клинических симптомах) [22].

Возраст, лет	Пол	Типичная стенокардия	Атипичная стенокардия	Нестенокардитическая боль	Нет боли
30-39	Муж	Средняя	Средняя	Низкая	Очень низкая
	Жен	Средняя	Очень низкая	Очень низкая	Очень низкая
40-49	Муж	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая
	Жен	Средняя	Низкая	Очень низкая	Очень низкая
50-59	Муж	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая
	Жен	Средняя	Средняя	Низкая	Очень низкая
60-69	Муж	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая
	Жен	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая

Примечание: для пациентов младше 30 и старше 69 лет – данные о вероятности ИБС отсутствуют, но предполагается, что вероятность ИБС увеличивает-

ся с возрастом. В ряде случаев вероятность ИБС может оказаться выше или ниже границ указанного в таблице диапазона значений для данного возраста.  
 Высокая вероятность – более 90%  
 Средняя вероятность – от 10 до 90%  
 Низкая вероятность – менее 10%  
 Очень низкая вероятность – менее 5 %

Таблица 10. Предтестовая вероятность ИБС (%) у больных с симптомами заболевания [23].

Возраст, лет	Типичная стенокардия		Атипичная стенокардия		Неангинозная боль	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины
30-39	70	26	22	4	5	1
40-49	87	55	46	13	14	3
50-59	92	79	59	32	22	8
60-69	94	90	67	54	28	19

Таблица 11. Посттестовая вероятность ИБС (%) на основании пола, возраста, клинических симптомов и снижения сегмента ST на ЭКГ.

Возраст, лет	Снижение сегмента ST, мВ	Типичная стенокардия		Атипичная стенокардия		Неангинозная боль		Отсутствие симптомов	
		муж	жен	муж	жен	муж	жен	муж	жен
30-39	0,00-0,04	25	7	6	1	1	<1	<1	<1
	0,05-0,09	68	24	21	4	5	1	2	4
	0,10-0,14	83	42	38	9	10	2	4	<1
	0,15-0,19	91	59	55	15	19	3	7	1
	0,20-0,24	96	79	76	33	39	8	18	3
	>0,25	99	93	92	63	68	24	43	11
40-49	0,00-0,04	61	22	16	3	4	1	1	<1
	0,05-0,09	86	53	44	12	13	3	5	1
	0,10-0,14	94	72	64	25	26	6	11	2
	0,15-0,19	97	84	78	39	41	11	20	4
	0,20-0,24	99	93	91	63	65	24	39	10
	>0,25	>99	98	97	86	87	53	69	28
50-59	0,00-0,04	73	47	25	10	6	2	2	1
	0,05-0,09	91	78	57	31	20	8	9	3
	0,10-0,14	96	89	75	50	37	16	19	7
	0,15-0,19	98	94	86	67	53	28	31	12
	0,20-0,24	99	98	94	84	75	50	54	27
	>0,25	>99	99	98	9-5	91	78	81	56
60-69	0,00-0,04	79	69	32	21	8	5	3	2
	0,05-0,09	94	90	65	52	26	17	11	7
	0,10-0,14	97	95	81	72	45	33	23	15
	0,15-0,19	99	98	89	83	62	49	37	25
	0,20-0,24	99	99	96	93	81	72	61	47
	>0,25	>99	99	99	98	94	90	85	76

## ***Влияние медикаментов на интерпретацию результатов теста***

### ***В-блокаторы***

Пациенты со стенокардией при использовании  $\beta$ -блокаторов демонстрируют более высокую работоспособность при менее выраженном смещении сегмента ST и менее выраженной стенокардии.

Это достигается только в том случае, если используемый препарат обладает достаточным гипотензивным и отрицательным хронотропным эффектом, так как ишемические изменения появляются при том же значении ДП, что и без использования препарата, но при большей мощности нагрузки.

У лиц без ИБС  $\beta$ -блокаторы снижают физическую работоспособность в связи с более ранним появлением признаков утомления на фоне их приема.

При рутинном использовании нагрузочного теста с целью диагностики ИБС отмена  $\beta$ -блокаторов перед проведением теста не является обязательной, особенно у пациентов с симптомами ИБС или страдающих артериальной гипертензией. Однако их использование снижает чувствительность и прогностическую ценность теста в связи с неадекватной реакцией ЧСС на нагрузку при их применении. Решение об отмене  $\beta$ -блокатора должно приниматься врачом индивидуально для каждого тестируемого во избежание возможных эффектов «отмены» препарата в виде усиления стенокардии или повышения АД.

### ***Вазодилататоры***

Эти препараты могут повысить физическую работоспособность лиц, страдающих стенокардией или сердечной недостаточностью (ХСН). Отсутствуют доказательные данные о том, что постоянный прием нитратов пролонгированного действия повышает функциональные возможности тестируемых. Острое назначение нитратов уменьшает выраженность стенокардии и депрессии ST, обусловленной миокардиальной ишемией. Гидралазин снижает общее периферическое сопротивление и АД. При этом часто рефлекторно увеличивается ЧСС, что ведет к увеличению МОК.

### ***Ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (иАПФ)***

Эти препараты снижают АД в покое и при нагрузках посредством снижения плазменного уровня ангиотензина II и альдостерона. Они повышают переносимость нагрузок у пациентов с ХСН и способствуют их выживаемости.

### ***Антагонисты кальция***

Блокаторы медленных кальциевых каналов обладают многообразными гемодинамическими эффектами. Они отодвигают время появления ишемии и повышают переносимость нагрузок. Обычно депрессия сегмента ST при их использовании появляется при более высокой мощности нагрузки. Они снижают ЧСС и АД на данном уровне нагрузки.

### ***Дигиталис***

У пациентов, как страдающих ИБС, так и без нее, прием дигиталиса может провоцировать появление при нагрузке депрессии сегмента ST. Индуцированная нагрузкой депрессия сегмента ST на фоне приема дигиталиса встречается у 25-40% здоровых лиц и прямо связана с возрастом обследуемого. Тем

не менее, появление выраженной депрессии сегмента ST (более 2 мм от исходного уровня) почти всегда ассоциируется с ишемией, даже если пациент принимает дигиталис.

Если при появлении депрессии сегмента ST интервал QT остается нормальным, то ST-депрессия ассоциируется с приемом дигиталиса. А если интервал QT при этом удлиняется, то ST-депрессия ассоциируется с такими причинами как ишемия миокарда, прием других медикаментов, электролитными нарушениями или другими медицинскими проблемами. Индуцированная нагрузкой депрессия сегмента ST может сохраняться в течение 2 недель после отмены дигиталиса.

#### ***Антиаритмические препараты***

Хинидин может уменьшать выраженность депрессии сегмента ST за счет пролонгирования 2 фазы желудочкового потенциала действия и уменьшения реполяризационного градиента. Однако он не изменяет форму сегмента ST, не влияет на ЧСС и МПК как у пациентов с ИБС, так и без нее.

У пациентов, принимающих амиодарон, отмечается снижение максимальной ЧСС на 20 уд/мин. Амиодарон также увеличивает продолжительность (расширяет) комплекса QRS при нагрузках.

Прием флекаинида ассоциируется с появлением стресс-индуцированной желудочковой тахикардии.

#### ***Диуретики***

Большинство диуретиков мало влияют на ЧСС и сердечную деятельность, но они снижают объем циркулирующей плазмы, периферическое сопротивление и АД. Диуретики могут быть причиной гипокалиемии, что ведет к мышечной слабости, желудочковой эктопии и редко – к депрессии сегмента ST.

#### ***Влияние исходных изменений ЭКГ на интерпретацию результатов***

##### ***Гипертрофия левого желудочка с реполяризационными изменениями***

Эти изменения снижают специфичность теста, не влияя на его чувствительность. При получении положительного результата теста пациентам требуется дополнительное обследование (стресс-визуализирующие методы диагностики ИБС).

***Исходная депрессия сегмента ST*** является маркером неблагоприятных кардиальных событий как у пациентов с ИБС, так и без ИБС.

***Блокада левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ)***. При БЛНПГ депрессия сегмента ST при нагрузке не ассоциируется с ишемией, а является проявлением самой БЛНПГ. У здоровых пациентов с БЛНПГ депрессия ST при нагрузке может достигать 1 см. Нет такой степени депрессии сегмента ST у лиц с БЛНПГ, которая бы свидетельствовала о наличии у них ИБС.

***Блокада правой ножки пучка Гиса (БПНПГ)***. Индуцированная нагрузкой депрессия сегмента ST при БПНПГ обычно проявляется в передних грудных отведениях (V1 – V3) и не ассоциируется с ишемией. Однако, появление депрессии сегмента ST в левых грудных (V5–V6) и нижних (II и AVF) отведениях при БПНПГ аналогично депрессии сегмента ST у пациентов с нормаль-

ной ЭКГ покоя. Наличие БПНПГ на ЭКГ покоя не снижает чувствительность, специфичность и предсказательную ценность нагрузочного теста, проводимого с целью диагностики ИБС.

### **Тестирование пациентов с хронической и вероятной ИБС**

Целью проведения нагрузочного тестирования у пациентов с хронической и вероятной ИБС являются:

1. Оценка риска развития неблагоприятных коронарных событий (при появлении новых или изменении привычных симптомов миокардиальной ишемии);
2. Оценка прогноза и определение тактики ведения (при отсутствии изменений текущего клинического состояния).

Выбор стресс-метода основывается на оценке исходной ЭКГ и способности пациента к выполнению нагрузок. Нагрузочный тест с целью оценки риска проводится у пациентов, не принимающих дигоксин и с менее чем 1 мм депрессией сегмента ST. При исходной депрессии сегмента ST 1 мм и более, при полной блокаде левой ножки пучка Гиса, при нарушениях внутрижелудочковой проводимости с QRS более 120 мсек, искусственном водителе желудочкового ритма, синдроме WPW – пациенту должны быть проведены стресс-визуализирующие методики. У пациентов с указанными ЭКГ-изменениями нагрузочное тестирование может обеспечить дополнительную прогностическую информацию, но не может идентифицировать ишемию. Пациентам, не способным к выполнению нагрузки из-за ограничения двигательной активности (например, артриты, ампутации, выраженный атеросклероз артерий конечностей, тяжелая обструктивная болезнь легких, снижение интеллекта) должно проводиться фармакологическое тестирование в комбинации со стресс-визуализирующим.

К параметрам нагрузочного теста, ассоциирующимся с неблагоприятным прогнозом, относятся [18]:

- появление лимитирующих симптомов на нагрузке менее 5 МЕТ (менее 75-100 Вт);
- повышение систолического АД менее 120 мм рт.ст., или его стойкое снижение на >10 мм рт.ст., или снижение ниже преднагрузочного уровня при продолжении теста;
- депрессия сегмента ST на 2 мм и более, косонисходящая депрессия сегмента ST, появление депрессии сегмента ST на нагрузке менее 5 МЕТ (75-100 Вт), депрессия сегмента ST в 5 и более отведений, сохранение депрессии сегмента ST в течение 5 и более минут восстановительного периода;
- индуцированная нагрузкой элевация (подъем) сегмента ST (за исключением отведений V1 и AVR);
- стенокардия на низкой мощности нагрузки;

- рецидивирующая устойчивая (> 30 секунд) или симптомная желудочковая тахикардия.

Для оценки прогноза у пациентов с вероятной или установленной ИБС предлагается несколько подходов, наиболее широкое распространение из которых получил подсчет баллов, предложенный D.V. Mark и соавт. и называемый тредмил-индексом Университета Дюка (Duke treadmill score). Авторами проанализированы исходы у 2842 лиц с вероятной или установленной ранее ИБС, которым тредмил-тест был проведен перед диагностической коронарографией. Никто из этих пациентов не имел в анамнезе указаний на реваскуляризацию или перенесенный недавно инфаркт миокарда.

Баллы подсчитываются следующим образом:

Тредмил-баллы (тредмил-индекс Дюка) = время нагрузки в минутах – 5 × величина отклонения ST в мм – 4 × индекс стенокардии,

где:

- время нагрузки ориентировано на стандартный протокол Брюса, для перевода минут в MET предлагается следующая шкала соответствия: 0-3-6-9-12-15-18 минут соответственно равны 0-5-7-10-13-15-17 MET [18];

- отклонение сегмента ST измеряется в точке, расположенной на расстоянии от 60 до 80 м сек от точки J; если отклонение сегмента ST менее 1 мм, то в формулу подставляется 0;

- индекс стенокардии: 0 – стенокардии не было, 1 – стенокардия появилась, 2 – стенокардия явилась причиной прекращения теста.

Соотношение тредмил-индекса Дюка, риска смерти и выживаемости представлено в таблице 12.

Таблица 12. Тредмил-индекс Дюка, оценка риска и выживаемости [56].

Значение индекса Дюка	Степень риска	% от количества обследованных	4-летняя выживаемость (%)	Ежегодная смертность (%)
≥ +5	Низкая	62	99	0,25
- 10 до +4	Средняя	34	95	1,25
< -10	Высокая	4	79	5

Оценка риска летального исхода по индексу Дюка определяет дальнейшую тактику ведения пациентов:

- пациентам с низким риском последующее проведение стресс-визуализирующих методик считается нецелесообразным, им рекомендуется медикаментозное лечение;

- пациентам со средним риском рекомендуется проведение стресс-визуализирующих методик, при этом нормальная или близкая к нормальной перфузия миокарда при нагрузке в сочетании с нормальными размерами сердца считается признаком благоприятного прогноза и этим пациентам рекомендуется медикаментозное лечение, а при наличии дисфункции левого желудочка – реваскуляризация;
- пациенты с высоким риском должны быть направлены на реваскуляризацию.

### ***Тестирование пациентов с нестабильной стенокардией***

Острый коронарный синдром (нестабильная стенокардия и инфаркт миокарда) – это острая фаза циклического течения хронической ИБС. Исходом острого коронарного синдрома может стать как инфаркт миокарда и смерть, так и возвращение к стабильной хронической фазе ИБС. Обычно указанные исходы реализуются в течение 4-6 недель. Поэтому роль и сроки проведения нагрузочного теста ограничены именно этим временным периодом.

Клинический алгоритм риск-стратификации пациентов, используемый для выбора исходной тактики ведения пациентов с нестабильной стенокардией, указан в таблице 13.

Соответственно этому алгоритму, пациенты с низким риском развития инфаркта миокарда могут лечиться амбулаторно. Пациенты со средним риском должны находиться под наблюдением в отделении стационара, а пациенты с высоким риском – наблюдаться в блоке интенсивной терапии.

Нагрузочный тест проводится только пациентам с низким и средним риском развития инфаркта миокарда и в том случае, если им в настоящую госпитализацию не планируется проведение коронарографии с целью реваскуляризации.

При низком риске тест проводится не ранее чем через 8-12 часов от купирования симптомов острой ишемии и/или сердечной недостаточности, и при их отсутствии на момент тестирования.

Пациенты со средним риском тестируются не ранее чем через 2-3 дня от купирования симптомов острой ишемии и/или сердечной недостаточности, при условии их отсутствия на момент тестирования.

В целом, нагрузочный тест при остром коронарном синдроме должен проводиться (как и при стабильной ИБС) пациентам, не принимающим дигоксин и с исходно неизменной ЭКГ покоя.

Таблица 13. Тредмил-индекс Дюка, оценка риска и выживаемости [21].

Значение индекса Дюка	Степень риска	% от количества обследованных	4-летняя выживаемость (%)	Ежегодная смертность (%)
≥ +5	Низкая	62	99	0,25
- 10 до +4	Средняя	34	95	1,25
< -10	Высокая	4	79	5

*Целью проведения нагрузочного теста при нестабильной стенокардии с низким и средним риском развития инфаркта миокарда являются:*

1. Выявление пациентов с неблагоприятным ближайшим прогнозом с целью направления их на реваскуляризацию;
2. Коррекция медикаментозного лечения.

Подкомитет АСА/АСС по нагрузочному тестированию рекомендует при тестировании пациентов с нестабильной стенокардией использовать те же протоколы и критерии прекращения нагрузки, что и при проведении диагностического теста. Тем не менее, при отсутствии сомнений в диагнозе нестабильной стенокардии, по нашему мнению, у этих больных безопаснее первоначально провести субмаксимальный тест (аналогично субмаксимальному тесту при остром инфаркте миокарда) и только при получении отрицательного результата – проводить повторное симптом-ограниченное тестирование.

### ***Тестирование пациентов с острым инфарктом миокарда***

*Показания к проведению нагрузочного теста у пациентов с острым инфарктом миокарда*

Класс I:

1. Перед выпиской – для оценки прогноза, объема двигательной активности и адекватности медикаментозного лечения (субмаксимальный тест, сроки проведения – не ранее 4-6 суток)\*.

2. В ранние сроки после выписки – для оценки прогноза, объема двигательной активности, адекватности медикаментозного лечения и кардиореабилитации в том случае, если нагрузочный тест перед выпиской из стационара не был проведен (симптом-ограниченный тест, сроки проведения – на 14-21 сутки)\*.

3. В поздние сроки после выписки – для оценки прогноза, объема двигательной активности, адекватности медикаментозного лечения и кардиореабилитации в том случае, если ранний тест был субмаксимальным (симптом-ограниченный тест, сроки проведения – 3-6 недель)\*.

\* – за исключением ситуаций, отмеченных в классах IIВ и III.

Класс IIА:

После выписки у пациентов, подвергшихся коронарной реваскуляризации – для оценки объема двигательной активности и/или физических тренировок как части реабилитационных программ.

Класс IIВ:

Пациенты с такими исходными изменениями ЭКГ как:  
полная блокада левой ножки пучка Гиса,  
синдром предвозбуждения (WPW- синдром),  
гипертрофия левого желудочка,  
ритм постоянного желудочкового кардиостимулятора,  
исходная депрессия ST более 1 мм

2. Пациенты, принимающие дигоксин.

3. Периодическое мониторирование пациентов, которые продолжают участвовать в программах физической реабилитации.

Класс III:

1. Проведение нагрузочного теста на 2-3 сутки ОИМ при отсутствии данных об эффективной реперфузии.

2. Пациенты с тяжелыми сопутствующими заболеваниями, ограничивающими продолжительность жизни и/или те, кто планируется на реваскуляризацию.

3. В любые сроки – для риск-стратификации пациентов с ОИМ при наличии у них абсолютных противопоказаний (см. выше), ранней постинфарктной стенокардии, некомпенсированной сердечной недостаточности, жизнеопасных аритмий или других состояний, ограничивающих их способность к выполнению физических нагрузок (Уровень доказательности – С).

4. Перед выпиской – для риск-стратификации пациентов, кто уже отобран на коронарографию и реваскуляризацию, или кому она уже была проведена.

Основные цели нагрузочного тестирования у пациентов с острым инфарктом миокарда:

1. Риск-стратификация и оценка прогноза;

2. Оценка функциональных возможностей с целью определения объема двигательной активности после выписки из стационара, включая бытовые и профессиональные обязанности,

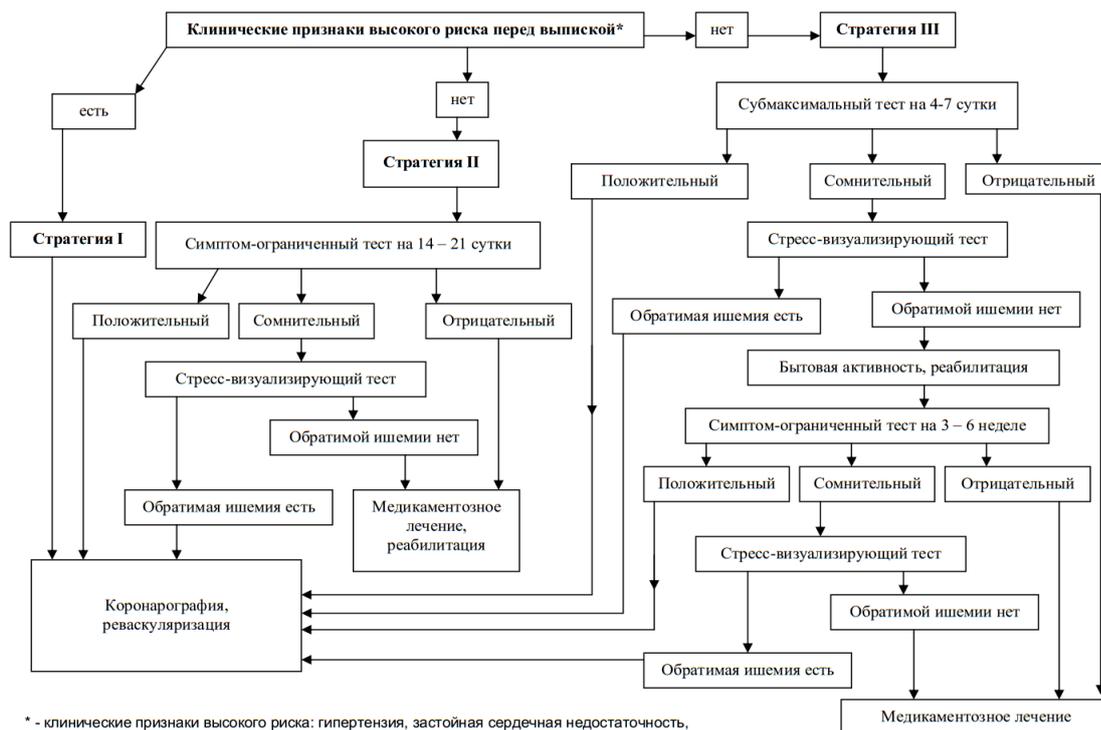
физические тренировки в рамках реабилитационных программ;

3. Оценка адекватности медикаментозной терапии и необходимости использования других диагностических и лечебных мероприятий.

Абсолютные и относительные противопоказания к проведению нагрузочного теста у пациентов с острым инфарктом миокарда аналогичны тем, что изложены выше. У пациентов с исходными изменениями ЭКГ покоя в виде блокады левой ножки пучка Гиса, синдрома WPW, гипертрофии левого желудочка, принимающих дигоксин, с исходным подъемом или депрессией сегмента ST более 1 мм предпочтительно проведение стресс-визуализирующих методик, так как точность нагрузочной ЭКГ в выявлении ишемии, провоцирующейся нагрузкой, ограничена.

*Время проведения теста и используемые протоколы у пациентов с ОИМ*

Место нагрузочного теста в определении тактики ведения пациентов с острым инфарктом миокарда представлено на рисунке 3.



\* - клинические признаки высокого риска: гипертензия, застойная сердечная недостаточность, сохраняющаяся боль в груди, неспособность к выполнению нагрузок.

Рисунок 3. Нагрузочный тест в определении тактики ведения пациентов с острым инфарктом миокарда.

Нагрузочные тесты при инфаркте миокарда рекомендуется проводить перед выпиской пациента из стационара. За рубежом – 4-7 день неосложненного инфаркта миокарда, в нашей стране обычно – не ранее 14 дня.

Вероятность развития нефатальных осложнений (инфаркта и асистолии) при проведении ранних тестов составляет 0,09%, желудочковых аритмий высоких градаций (включая желудочковую тахикардию) – 1,4%; летальность – 0,03%.

В ранние сроки инфаркта миокарда (1-3 неделя) используется субмаксимальный протокол тестирования, в более поздние сроки (3-6 неделя) – симптом-ограниченный. Основной принцип выбора нагрузки при субмаксимальном тесте – мощность исходной ступени и шага увеличения нагрузки должны быть небольшими. Рекомендуемая мощность первой ступени – 25 Вт для лиц старше 40 лет и 30 Вт – для лиц младше 40 лет.

При субмаксимальном протоколе используются следующие критерии прекращения нагрузки:

- Максимальная ЧСС не более 120-130 уд/мин – для лиц старше 40 лет и не более 140 уд/мин - для лиц младше 40 лет; или 70% от максимальной возрастной ЧСС (если это значение меньше);
- достижение 5 МЕТ (75 Вт) для лиц старше 40 лет и 6 МЕТ (90 Вт) для лиц младше 40 лет;
- общая продолжительность нагрузки – не более 9 минут;

- достигнутое систолическое АД не должно превышать 200 мм рт. ст.;
- степень утомления – не выше 7 баллов по 10-уровневой шкале Борга (или 13-15 баллов по 15-уровневой шкале).

Прогностическая ценность симптом-ограниченного теста, проведенного на 3-6 неделе от ОИМ, мало отличается от раннего субмаксимального теста. Целью проведения теста является выявление тех пациентов, кто может вернуться к работе и привычной деятельности, требующих больших энергетических затрат, чем выполненная перед выпиской субмаксимальная нагрузка.

Большинство тестируемых пациентов на момент проведения теста получают β-блокаторы и ингибиторы АПФ. β-блокаторы при проведении теста могут отсрочить ишемический ответ, но они не мешают выявлению низких функциональных возможностей как маркера неблагоприятного прогноза и не должны отменяться перед проведением раннего субмаксимального теста.

### ***Реваскуляризация и нагрузочное тестирование***

#### ***Показания к проведению нагрузочного теста***

Класс I:

1. Подтверждение ишемии перед реваскуляризацией.
2. После реваскуляризации – оценка пациентов с симптомами, позволяющими предполагать наличие ишемии.

Класс IIА:

После выписки у пациентов, подвергшихся коронарной реваскуляризации – для оценки объема двигательной активности и/или физических тренировок как части реабилитационных программ.

Класс IIВ:

1. Выявление рестенозов в первые 12 месяцев после операций чрескожной реваскуляризации у асимптомных пациентов, относящихся к группе высокого риска.
2. Периодическое мониторирование асимптомных пациентов, относящихся к высокому риску рестеноза, коронарной окклюзии, неполной реваскуляризации, или прогрессирования болезни.

Класс III:

1. Локализация ишемии для определения места вмешательства.
2. Рутинное периодическое мониторирование асимптомных пациентов после чрескожной реваскуляризации или коронарного шунтирования без специфических показаний.

#### ***Нагрузочное тестирование перед реваскуляризацией***

Пациенты, направляемые на реваскуляризацию, должны иметь подтверждение наличия ишемизированного или жизнеспособного миокарда, особенно если они не имеют симптомов ИБС.

Часто требуется более чувствительный метод, чем нагрузочное тестирование, особенно – при однососудистом поражении, или если реваскуляризуемый сосуд кровоснабжает заднюю стенку.

Нагрузочное тестирование не может быть использовано с целью уточнения места стенозирования сосуда, применяется для уточнения исходных функциональных возможностей у пациентов, как направляемых на реваскуляризацию, так и на оперативное лечение клапанных пороков.

#### *Нагрузочное тестирование после реваскуляризации, цели:*

в ранние сроки – для оценки эффективности проведенного вмешательства, в поздние сроки (через 6 и более месяцев после реваскуляризации) – с целью оценки текущего состояния и проводимого лечения, эффективности реабилитационных программ и определения возможности возвращения к трудовой деятельности.

#### *Нагрузочное тестирование после АКШ*

Максимальное тестирование обычно проводится не ранее чем через 6 недель после АКШ. У пациентов с болевым синдромом в грудной клетке – с целью дифференциальной диагностики между болью, обусловленной операцией, и стенокардитической болью из-за неполной реваскуляризации или коронарной окклюзии.

Степень уменьшения ишемии и улучшения аэробных возможностей после АКШ зависит от уровня реваскуляризации и функции ЛЖ.

Индукцированная нагрузкой депрессия ST появляется при неполной реваскуляризации, но при более высоком уровне нагрузки. Около 5% пациентов с полной реваскуляризацией также демонстрируют депрессию сегмента ST при нагрузке.

На появление ST-депрессии в отдаленные сроки после операции влияет вид шунта (венозный или артериальный) и дальнейшее развитие атеросклероза в несшунтированных сосудах. Стресс-визуализирующие методики считаются более точными, так как позволяют определить не только сам факт наличия, но место и выраженность ишемии.

У пациентов, не имеющих после реваскуляризации клинических симптомов ишемии, прогностическая ценность нагрузочного тестирования в ближайшие 5 лет является низкой. У таких пациентов диагностическое и прогностическое значение нагрузочного теста возрастает в отдаленные сроки после АКШ, когда увеличивается вероятность прогрессирования заболевания – через 5-10 лет, особенно при наличии типичных ишемических симптомов или состояний, способствующих быстрому прогрессированию атеросклероза: диабета, при гемодиализе и лечении иммунодепрессантами. Предпочтительными считаются стресс-визуализирующие методики, но недостаточно данных о периодичности их проведения.

#### *Нагрузочное тестирование после чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ)*

Нагрузочный тест после ЧКВ целесообразно проводить пациентам высокого риска:

- со сниженной систолической функцией,
- с многососудистым поражением,
- проксимальным поражением передней межжелудочковой артерии,
- эпизодами внезапной смерти в анамнезе,
- сахарным диабетом,
- субоптимальным результатом ЧКВ,
- профессиональная деятельность связана с нагрузками высокой интенсивности и опасностью для окружающих.

У асимптомных пациентов нагрузочный тест целесообразно проводить через 3-6-12 месяцев после процедуры.

Если после ЧКВ в первые 6 месяцев при повторных тестированиях нормальный результат теста становится положительным, особенно при низких уровнях нагрузки, это ассоциируется с рестенозом дилатированного сосуда.

Рестенозстента обычно появляется в первые 12 месяцев после ЧКВ, вероятность снижена при использовании стентов с антитромботическим покрытием.

В ранний период после ЧКВ (< 1 месяца) патологическая ЭКГ-реакция на нагрузку может быть как результатом неполной реваскуляризации, так и проявлением недостаточного коронарного резерва в успешно дилатированном сосуде (чувствительность – от 40 до 55%).

В целом, рутинное периодическое мониторирование асимптомных пациентов после ЧКВ или АКШ считается нецелесообразным и при отсутствии специальных показаний его проводить не рекомендуется. А низкая чувствительность ЭКГ-изменений в сравнении со стресс-визуализирующими методиками в выявлении места и выраженности стеноза ограничивает его использование как перед, так и после процедуры ЧКВ.

### ***Тестирование у женщин***

У женщин диагностическая значимость индуцированной нагрузкой депрессии сегмента ST в выявлении коронаростеноза ниже, чем у мужчин. По результатам мета-анализа у женщин чувствительность ишемического смещения сегмента ST (> 1 мм) в выявлении ИБС составляет около 60%, а специфичность – 70%. Более низкая чувствительность нагрузочного тестирования у женщин частично объясняется меньшей распространенностью и меньшей выраженностью ИБС среди женщин молодого и среднего возраста в сравнении с мужчинами (вероятность ИБС, основанная на поле, возрасте и симптомах у этих женщин обычно является низкой или средней; по сравнению с мужчинами того же возраста, женщины младше 60 лет имеют менее выраженное поражение коронарных сосудов, чем мужчины).

Хотя типичная стенокардия у женщин > 60 лет столь же значима для прогноза, как у мужчин, диагностика ИБС и у них представляет значительные труд-

ности: в исследовании CASS почти половина женщин младше 65 лет с симптомами ИБС имели нормальные коронарограммы.

Существует несколько механизмов, объясняющих высокую частоту ложноположительной депрессии сегмента ST у женщин. В частности, сходная химическая структура эстрогенов и дигиталиса приводит к тому, что у женщин фертильного возраста, а также у постменопаузальных женщин, принимающих заместительную терапию эстрогенами, при нагрузках появляется депрессия ST-сегмента, аналогичная той, что регистрируется у лиц, принимающих дигиталис. Кроме того, у женщин чаще встречаются пролапс митрального клапана, синдром X и коронароспазм, которые могут быть причиной ложно-положительного смещения сегмента ST.

Таким образом, у женщин большее значение имеет отрицательный результат нагрузочного теста – он предполагает не только отсутствие ИБС, но и низкий риск неблагоприятного исхода в ближайшие несколько лет, а это означает, что дальнейшее обследование с целью уточнения диагноза ИБС нецелесообразно. При выявлении смещения сегмента ST заключение о результате теста у женщин должно основываться на оценке посттестовой вероятности ИБС, при этом низкая посттестовая вероятность подразумевает ложноположительный результат теста, а дальнейшая тактика основывается на группе риска, к которой относится пациентка по результатам тредмил-индекса Дюка.

### ***Сахарный диабет***

На настоящий момент нагрузочное тестирование рекомендуется проводить пациентам с диабетом, планирующим регулярные физические нагрузки средней и высокой интенсивности.

### **Формирование заключения о результатах нагрузочного теста [18, 27]**

Независимо от контингента обследуемых и целей тестирования, врачебное заключение о результатах нагрузочного теста должно содержать следующую информацию:

Обязательный блок

- Паспортная часть (дата проведения теста, ФИО пациента, возраст, пол, масса тела, рост).
- Диагноз (и/или основная цель тестирования).
- (Предтестовая вероятность ИБС – при тестировании лиц с подозрением на ИБС).
- В случае проведения теста на фоне приема лекарственных средств – их названия и суточные дозы.
- Особенности исходной ЭКГ покоя (при их наличии).
- Вид теста: максимальный (симптом-ограниченный) или субмаксимальный; ножная или ручная велоэргометрия.
- Вид протокола с указанием исходной ступени и шага увеличения нагрузки.
- Критерии прекращения нагрузки.
- Общая продолжительность теста в минутах.

- Исходная и максимально достигнутая ЧСС, % от расчетной максимальной возрастной ЧСС.
- Исходное и максимально достигнутое АД.
- (Степень достигнутого утомления по шкале Борга).
- При отсутствии возможности компьютерной распечатки трендов АД и ЧСС во время тестирования – АД и ЧСС в конце каждой ступени нагрузки.
- Максимально достигнутый уровень нагрузки в ваттах, Вт/кг и единицах потребления кислорода (МЕТ или мл/мин/кг).

Можно выразить выполненную нагрузку как «объем выполненной работы» (в кгм) – это сумма произведений мощности каждой ступени нагрузки на время, отработанное на каждой ступени

(Пример: если пациент отработал по 3 минуты на каждой из ступеней нагрузки 50-100-150 Вт, то ОВР = 300 кгм/мин × 3 мин + 600 кгм/мин × 3 мин + 900 кгм/мин × 3 мин = 5400 кгм).

- Смещение сегмента ST:
  - депрессия: вид (горизонтальная, косонисходящая, косовосходящая, корытообразная); максимальная глубина в миллиметрах; название и количество отведений, где она зарегистрирована; продолжительность ее регистрации на отдыхе;
  - подъем: отведения, где он зарегистрирован и величина в миллиметрах.
- Значение максимального ДП (и/или ДП к моменту появления смещения ST и стенокардии).
- Характеристика нарушений ритма и проводимости.
- Изменения клинического состояния и ЭКГ в восстановительном периоде.
- Время восстановления исходных ЧСС, АД и ЭКГ.
- **Общая оценка теста (положительный, отрицательный, сомнительный, неполный).**
- **Оценка реакции ЧСС и АД на нагрузку.**
- **Уровень функциональных возможностей:** толерантность к физической нагрузке, при необходимости – функциональный класс по NYHA у пациентов с установленными сердечно-сосудистыми заболеваниями; уровень физической работоспособности у лиц без установленных болезней сердца.

Дополнительный блок

- **Рекомендации о дальнейших диагностических и/или лечебных мероприятиях.**

**Реакция пациента на физическую нагрузку:** физиологическая или патологическая.

1. Физиологическая реакция: при достижении субмаксимального уровня ЧСС повышение АД адекватно уровню нагрузки без каких-либо неблагоприятных клинических и ЭКГ изменений.

2. Патологическая реакция:

– коронарная – приступ стенокардии, ишемические смещения сегмента ST;

- аритмическая– появление частой (более 1:10) экстрасистолии, пароксизмальной тахикардии, фибрилляции предсердий;
- гипертензивная – при неадекватном повышении АД (более 230/120 мм рт. ст.), особенно на нагрузках средней и малой мощности;
- миокардиальная – при парадоксальном снижении АД (с возможным побледнением, цианозом, резким головокружением, коллапсом), появлении резкой одышки или удушья.

### **Оценка результатов функциональных проб (общая оценка теста):**

Термин «положительный» тест используется при тестировании взрослых лиц в случае появления во время пробы объективных признаков ишемии миокарда, при этом под объективными признаками в первую очередь подразумевают ЭКГ - критерии ишемии.

**Суммируя мнения зарубежных и отечественных авторов, тест можно охарактеризовать как «положительный» при любом из следующих условий:**

1. Тест прекращён из-за депрессии ST, равной или превысившей 1 мм в точке i, расположенной на расстоянии 0.08 секунды от точки J при ЧСС до 130 уд/минуту, или на 0.06 секунды – при ЧСС более 130 уд/минуту;
2. Тест прекращён из-за подъёма сегмента ST при остром или ранее перенесённом Q-инфаркте на 2 мм и более, а при инфаркте без Q – на 1 мм и более от исходного уровня (кроме отведений AVR и V1);
3. Тест прекращён у пациента со стенокардией или без установленного ранее заболевания сердца при подъеме ST на 1 мм и более от исходного уровня (кроме отведений AVR и V1);
4. В первые 6 минут восстановительного периода возникло смещение сегмента ST величиной не менее 1 мм по мнению зарубежных авторов);
5. Тест прекращён из-за приступа стенокардии или падения АД без признаков ишемии миокарда у пациентов с верифицированной ранее ИБС – тест «положительный клинически» (в заключении);
6. Во время теста у больного с подтверждённым диагнозом ИБС появились нарушения ритма или проводимости – по мнению зарубежных авторов.

В случаях, когда одновременно с 1, 3 и 4 условиями при диагностических пробах определяется *низкая или очень низкая посттестовая вероятность ИБС*, тест, скорее всего, является *ложно-положительным*.

При 5 условии в заключении указывается, что тест «положительный клинически».

*Положительная проба:*

– появление во время пробы объективных признаков ишемии – ЭКГ критериев – девиация сегмента ST на 1 мм и более.

Проба положительная при наличии диагностически значимой динамики сегмента ST в нескольких отведениях.

Наиболее специфичной является следующая динамика сегмента ST и зубца T:

– горизонтальная депрессия сегмента ST не менее 1 мм в сочетании с ангинозным приступом или;

– косонисходящая депрессия сегмента ST не менее 1 мм в сочетании с отрицательным или двухфазным зубцом T, сохраняющаяся как минимум в течение 1-2 минут восстановительного периода;

– медленная косовосходящая депрессия сегмента ST не менее 2 мм;

– элевация сегмента ST (3–7% пациентов с ИБС, чаще с нестабильной СК и перенесших ИМ, обусловлена спазмом коронарных артерий, сопровождается сегментарными нарушениями сократимости).

Неустойчивая депрессия сегмента ST во время нагрузочного или восстановительного периода является основанием для трактовки результата теста как положительного, однако тест определяется как сомнительный с рекомендацией пациенту дообследования.

**«Отрицательный» результат теста** предполагает, что проба доведена до необходимых диагностических критериев при отсутствии объективных признаков ишемии миокарда. То есть, тест считается «отрицательным» если:

1. При диагностических пробах отсутствует смещение сегмента ST при достижении субмаксимальной возрастной ЧСС;

2. Депрессия сегмента ST менее 1 мм в точке i регистрируется у пациентов с низкой и очень низкой посттестовой вероятностью ИБС;

3. У пациентов с ИБС тест завершён по физиологическим критериям, причём ни нарушений ритма и проводимости, ни падения АД, ни ЭКГ-признаков ишемии миокарда не было ни во время пробы, ни в восстановительном периоде.

При «отрицательных» результатах диагностических тестов, проводимых на фоне лечения бетаблокаторами, антагонистами кальция, сердечными гликозидами и антиаритмиками, для подтверждения отрицательного результата желательно провести пробу на фоне отмены медикаментов.

Отрицательная проба:

– пациент достиг заданной возрастной частоты и не было ни клинических, ни объективных инструментальных критериев ишемии или дисфункции миокарда.

Отрицательная проба, но с особенностями: при достигнутой возрастной ЧСС во время пробы отмечают:

– нечастая ЭС (менее 4 в 1 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.

Эти признаки могут быть и следствием ИБС, но в основном они связаны с физической детренированностью, отсутствием опыта выполнения относи-

тельно больших нагрузок, не встречающихся в обычной жизни. Как признаки ИБС крайне неспецифичны.

**Тест «сомнителен»** при любом из следующих условий:

1. Прекращение теста из-за приступа стенокардии без ЭКГ-признаков ишемии миокарда в случаях, когда диагноз ИБС до этого не был установлен;
2. Прекращение теста из-за одышки или снижения АД у лиц без установленной ранее ИБС;
3. Прекращение теста из-за появления нарушений ритма или проводимости у пациентов без установленной ранее ИБС;
4. Депрессия сегмента ST менее 1 мм у лиц со средней и высокой посттестовой вероятностью ИБС.

*Сомнительная проба:*

1. болевой синдром, типичный для СК или напоминающий ее (атипичный) без ишемических изменений на ЭКГ
2. неустойчивая не нарастающая горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST менее 1 мм без типичного ангинозного приступа;
3. резкое падение АД на фоне нагрузочного теста (на 20 мм рт. ст. и более) в сочетании с развитием ангинозного приступа, или одышки, но при отсутствии значимой динамики ЭКГ
5. изолированная инверсия зубца T в сочетании с типичным ангинозным приступом
6. нарушения ритма и проводимости (частая или политопная экстрасистолия, атриовентрикулярные и внутрижелудочковые нарушения проводимости, пароксизмы ЖТ и СВТ и др.) при отсутствии ЭКГ критериев ишемии.

Любые желудочковые нарушения ритма являются вероятным, но не достоверным признаком ишемии миокарда. Частотзависимая блокада ножек пучка Гиса не является достоверным признаком ишемии, но при ее появлении тест должен быть прекращен. Пациент должен быть дообследован (перфузионная сцинтиграфия миокарда с нагрузкой, стресс-эхокардиография).

Чем больше изменена исходная ЭКГ, тем больше вероятность получить сомнительный, малоинформативный результат, особенно если пациент не предъявляет во время теста жалобы на боли в области сердца и/или прирост фоновой депрессии ЭКГ не превышает 1 мм.

**Тест «неполный» (неинформативный)**, если он не доведен до диагностических критериев (максимальная или субмаксимальная ЧСС, предельная утомляемость при достаточной мощности нагрузки и продолжительности теста) и при этом не возникло признаков ишемии миокарда.

У детей и подростков принято использовать термин **«патологический» результат теста**, если тест не доведен до диагностических критериев (субмаксимальная или максимальная ЧСС, предельная утомляемость при достаточной мощности нагрузки и продолжительности теста) по любой причине (кроме технических неисправностей). Заключение об «отрицательном результате» делается в случаях, когда тест завершен по физиологическим при-

чинам без появления патологических клинических или ЭКГ-критериев прекращения нагрузки.

### **Оценка реакции ЧСС и АД на нагрузку**

При формулировании заключения о реакции ЧСС на нагрузку принято характеризовать ее как нормальную, брадикардитическую или гиперреактивную; реакцию АД – как нормотоническую, гипертоническую, гипотоническую и дистоническую.

Среднестатистические значения ЧСС и АД на субмаксимальную и максимальную нагрузку при нагрузке на велоэргометре представлены в таблицах 14, 15, 16.

Таблица 14. Динамика артериального давления при субмаксимальной непрерывно-возрастающей нагрузке на велоэргометре у нормотензивных мужчин разного возраста [25].

Возраст, лет	Покой (сидя)	Мощность нагрузки, Вт				
		25	50	75	100	125
Систолическое АД, мм рт.ст.						
20-29	125,9 ± 8,4	136,2 ± 10,6	138,8 ± 11,7	146,4 ± 12,6	162,7 ± 13,9	180,5 ± 15,2
30-39	126,6 ± 8,0	136,6 ± 9,8	139,4 ± 10,3	147,5 ± 10,7	164,4 ± 12,6	182,6 ± 14,4
40-49	125,5 ± 9,4	135,2 ± 12,7	138,9 ± 12,4	148,4 ± 13,0	167,0 ± 14,2*	186,7 ± 17,1*
50-59	126,7 ± 8,7	136,3 ± 11,9	140,9 ± 12,2	151,3 ± 14,2*	170,9 ± 16,4**	193,7 ± 18,3**
Диастолическое АД, мм рт.ст.						
20-29	76,7 ± 8,1	75,9 ± 7,9	74,8 ± 8,3	74,9 ± 8,7	76,4 ± 9,1	79,1 ± 10,7
30-39	77,3 ± 6,8	77,4 ± 7,6	76,2 ± 6,8	76,8 ± 7,5	79,4 ± 7,4	82,4 ± 9,3*
40-49	77,9 ± 7,2	77,3 ± 7,9	76,5 ± 7,8	77,8 ± 8,7	81,8 ± 9,0*	85,3 ± 9,8*
50-59	78,3 ± 7,7	78,2 ± 8,1	77,5 ± 8,0*	79,5 ± 7,7*	83,9 ± 8,5**	88,6 ± 10,4**

Нормотонический тип реакции: исходное АД 115/70-135/90 мм рт. ст.

- 1 степень (протокол Bruce) – 140/90-150/90 мм рт. ст.;
- 2 – 150/90-160/90 мм рт. ст.;
- 3 – 160/90-180/90 мм рт. ст.;
- 4-7 – не более 190/100 мм рт. ст.;
- снижение АД в восстановительном периоде в течение 3-5 мин.

Гипертонический тип реакции:

- снижение АД более 3 мин в восстановительном периоде;
- АД более 190/100 мм рт. ст. ранее 4 степени;

- АД максимально до 210/100 мм рт. ст.;
- стартовый прирост на 1-2 ступени 50-60 мм рт. ст., затем замедляется и до допустимого уровня АД 170-190/100 мм рт. ст.
- неадекватно избыточный прирост АД на фоне нагрузочного теста;
- прирост АД на 2 ступени в зависимости от пола и возраста;
- анализ динамики АД на всех выполненных ступенях теста.

Гипотонический тип реакции:

- пониженное АД до проведения теста, на фоне теста ниже представленных;
- АД максимально до 140/80 – 150/90 мм рт. ст. на пике нагрузки.

Симпатико-астенический тип реакции:

- Выраженный прирост АД на фоне теста с его внезапным падением на пике нагрузки или на первой минуте восстановительного периода, нередко с развитием синкопального состояния.

При этом реакцию АД, превышающую верхнюю границу среднестатистических значений с учетом стандартного отклонения (или 90-ю перцентиль) можно охарактеризовать как гипертензивную, находящуюся в указанном диапазоне – нормотоническую, ниже нижней границы указанного диапазона (или ниже 10-й перцентили) – гипотоническую.

Реакцию ЧСС, соответственно – как гиперреактивную, нормальную или брадикардическую. О дистонической реакции АД на нагрузку говорят при нормальной или гипертензивной реакции систолического АД при выраженном снижении диастолического АД (обычно – ниже 40 мм рт.ст.). Однако следует понимать, что эти характеристики лишь отражают отклонение полученных при тестировании значений ЧСС и АД у конкретного пациента от среднестатистических и не могут быть основанием для постановки диагноза, ограничений в профессиональной деятельности, так как их прогностическое значение не изучено.

Таблица 15. Динамика ЧСС при субмаксимальной непрерывно-возрастающей нагрузке на велоэргометре у нормотензивных мужчин разного возраста [25].

Возраст, лет	Покой (сидя)	Мощность нагрузки, Вт				
		25	50	75	100	125
ЧСС, уд/мин						
20-29	74,6 ± 9,7	90,9 ± 8,7	102,1 ± 8,2	112,6 ± 8,7	126,4 ± 9,5	142,5 ± 10,3
30-39	71,3 ± 10,8	85,5 ± 10,1*	96,9 ± 9,8*	108,5 ± 8,7*	121,1 ± 9,1**	136,1 ± 9,8**
40-49	67,1 ± 8,8*	82,0 ± 8,7**	92,1 ± 7,8**	102,9 ± 8,0**	116,0 ± 8,1**	131,1 ± 8,9**
50-59	65,8 ± 8,6**	80,5 ± 7,6**	90,0 ± 7,4**	101,8 ± 7,8**	115,4 ± 8,4**	131,7 ± 9,9**

Примечание: данные представлены в виде  $M \pm SD$ ; количество лиц в каждой возрастной группе 214, 264, 312 и 243 соответственно для 20, 30, 40 и 50-летних; \* -  $p < 0,05$  и \*\* -  $p < 0,01$  относительно 20-летних.

Таблица 16. Значения ЧСС, достигнутой предположительно здоровыми лицами при максимальном утомлении на велоэргометре (мужчины – 156 ВЭМ, женщины – 48 ВЭМ).

ЧСС (уд/мин)	Возраст (лет)									
	18-29		30-39		40-49		50-59		60-69	
	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж
min-max	150	162	134	150	123	139	118	128	123	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	206	205	193	200	187	184	188	176	154	-
$M \pm SD$	186 $\pm 12$	184 $\pm 13$	171 $\pm 19$	175 $\pm 12$	155 $\pm 18$	171 $\pm 11$	146 $\pm 12$	151 $\pm 11$	135 $\pm 13$	-

Примечание: min-max – минимальное и максимальное значение;  $M \pm SD$  – среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение

Также при описании реакции ЧСС на нагрузку используется такая характеристика как «хронотропная некомпетентность», а систолического АД – «патологический ответ» на нагрузку.

**Хронотропная некомпетентность** – неспособность достигнуть 80-85% от предполагаемой максимальной возрастной ЧСС. Оценивается только по результатам симптом-ограниченного теста и у пациентов, не принимающих препараты, урежающие ЧСС. Специфичным критерием для хронотропной некомпетентности является неспособность достигнуть при максимальном тесте ЧСС 100 уд/мин.

**Патологическим ответом систолического АД на нагрузку** считаются: его неадекватное повышение (менее чем 20 – 30 мм рт.ст. от исходного на пике нагрузки; неспособность к повышению выше 120 мм рт.ст., его устойчивое снижение более чем на 10 мм рт.ст., сохраняющееся при повторном измерении через 15 секунд), а также – снижение ниже преднагрузочного уровня при прогрессивном увеличении нагрузки.

Отечественными авторами предлагается также описательная характеристика восстановительного периода (функциональной способности сердца) по скорости восстановления ЧСС и АД к исходному уровню:

хорошая – восстановление происходит в первые 5 минут;

удовлетворительная – от 5 до 10 минут;

неудовлетворительная – позже 10 минут.

Учитывая, что в настоящее время изучено прогностическое значение реакции ЧСС и АД в периоде восстановления, указанное описание восстановительного периода представляется излишним, так как не носит конкретной прогностической оценки.

### ***Уровень функциональных возможностей***

Толерантность (физическая работоспособность) – мощность нагрузки последнего завершённого этапа.

Мощность нагрузки считается пороговой, если продолжительность работы на последней ступени без патологических признаков составила не менее 2 минут.

Если патологические изменения появились на 1-й минуте работы, пороговой мощностью считается предыдущая ступень нагрузки.

Снижение толерантности могут определять:

- неблагоприятная реакция АД,
- появление нарушений ритма и проводимости,
- низкая тренированность пациента,
- другие факторы.

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

1. Мужчины/женщины до 60 лет, нет ИБС или ИБС, в анамнезе инфаркт миокарда давностью более года.

Толерантность мужчины/женщины:

- высокая ( $\geq 125 \text{ Вт}$ ,  $\geq 8 \text{ МЕ}$ ) / ( $\geq 100 \text{ Вт}$ ,  $\geq 7 \text{ МЕ}$ );
- средняя ( $\geq 75 \text{ Вт}$ ,  $\geq 6 \text{ МЕ}$ ) / ( $\geq 60 \text{ Вт}$ ,  $\geq 5 \text{ МЕ}$ );
- низкая ( $< 75 \text{ Вт}$ ,  $< 6 \text{ МЕ}$ ) / ( $< 60 \text{ Вт}$ ,  $< 5 \text{ МЕ}$ ).

2. Мужчины/женщины до 60 лет, ИБС, инфаркт миокарда в данном календарном году.

Толерантность мужчины/женщины:

- высокая ( $\geq 100 \text{ Вт}$ ,  $\geq 7 \text{ МЕ}$ ) / ( $\geq 75 \text{ Вт}$ ,  $\geq 6 \text{ МЕ}$ );
- средняя ( $\geq 50 \text{ Вт}$ ,  $\geq 5 \text{ МЕ}$ ) / ( $\geq 35 \text{ Вт}$ ,  $\geq 4 \text{ МЕ}$ );
- низкая ( $< 50 \text{ Вт}$ ,  $< 5 \text{ МЕ}$ ) / ( $< 35 \text{ Вт}$ ,  $< 4 \text{ МЕ}$ ).

3. Мужчины/женщины после 60 лет, ИБС (в том числе и перенесшие инфаркт миокарда).

Толерантность мужчины/женщины:

- высокая ( $\geq 100 \text{ Вт}$ ,  $\geq 7 \text{ МЕ}$ ) / ( $\geq 75 \text{ Вт}$ ,  $\geq 6 \text{ МЕ}$ );
- средняя ( $\geq 50 \text{ Вт}$ ,  $\geq 5 \text{ МЕ}$ ) / ( $\geq 35 \text{ Вт}$ ,  $\geq 4 \text{ МЕ}$ );
- низкая ( $< 50 \text{ Вт}$ ,  $< 5 \text{ МЕ}$ ) / ( $< 35 \text{ Вт}$ ,  $< 4 \text{ МЕ}$ ).

Для расчета выполненной мощности нагрузки в ваттах в тех случаях, когда последняя ступень продолжается менее 3 минут, можно использовать формулу:

$$W = W1 + t2 \times (W2 - W1) / 180,$$

где W1 и W2 – соответственно мощность предпоследней и последней ступени, а t2 – длительность последней ступени в секундах.

Оценка функциональных возможностей должна проводиться по результатам не субмаксимальных, а максимальных (симптом-ограниченных) тестов. Субмаксимальное тестирование может использоваться в тех случаях, когда основной целью проведения исследования является оценка прогноза у пациентов с сердечно-сосудистыми болезнями, где о благоприятном прогнозе свидетельствует факт выполнения нагрузки на уровне > 6 МЕТ без появления признаков ее непереносимости. Однако, и в этих случаях, симптом-ограниченное тестирование более предпочтительно, так как позволит оценить функциональные возможности обследуемого в сравнении со среднестатистической нормой для здоровых лиц.

#### ***Рекомендации о дальнейшем обследовании и/или лечении***

При любой оценке теста (положительный, отрицательный, сомнительный) рекомендации о дальнейшей тактике ведения пациента с вероятной или установленной ИБС основываются на прогностическом тредмил-индексе Дюка. При высоком и среднем риске рекомендуется проведение коронарографии, а при низком риске – коронарография и стресс-визуализирующие методики с позиции стоимость/эффективность считаются нецелесообразными.

При неполных тестах рекомендуется направить пациента на дополнительные методы диагностики ИБС: диагностическую чреспищеводную стимуляцию; стресс-визуализирующие методики: сцинтиграфию миокарда или стресс-ЭХОКГ.

Отрицательный результат нагрузочного теста у женщин предполагает не только отсутствие ИБС, но и низкий риск неблагоприятного исхода в ближайшие несколько лет, а это означает, что дальнейшее обследование с целью уточнения диагноза ИБС нецелесообразно. При выявлении смещения сегмента ST заключение о результате теста у женщин должно основываться на оценке посттестовой вероятности ИБС, при этом низкая посттестовая вероятность подразумевает ложно-положительный результат теста, а дальнейшая тактика основывается на группе риска, к которой относится пациентка по результатам тредмил-индекса Дюка.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Аронов, Д.М. Функциональные пробы в кардиологии / Д.М. Аронов, В.П. Лупанов. – 2-е изд. – М., 2003. – 296 с.
2. Бобоходжаев, М.К. Применение инструментальных неинвазивных методов исследования в кардиологии / М.К. Бобоходжаев, Б.М. Коган, Л.Е. Кузьмишин. – Душанбе, 1983. – 344 с.
3. Газарян, Г.А. Прогностическое значение раннего нагрузочного теста у больных острым инфарктом миокарда / Г.А. Газарян, А.А. Спасский, И.Ю. Левочкин, А.П. Голиков // Кардиология. – 1995. – № 3. – С. 51-55.
4. Гасилин, В.С. Стенокардия / В.С. Гасилин, Б.А. Сидоренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1987. – 240 с.
5. Домницкая, Т. М. Применение проб с физической нагрузкой в кардиологии: метод. рекомендации / Т. М. Домницкая, О. А. Грачева, С. В. Батенкова; под ред. Б. А. Сидоренко. – М., 2002. – 30 с.: ил.
6. Заболевания сердца и реабилитация : пер. с англ. / под общ. ред. М.Л. Поллока, Д.Х. Шмидта. – Киев, 2000. – 408 с.
7. Кудряшев, В.Э. Количественная оценка нарушений кровообращения (пробы с физической нагрузкой) / В.Э. Кудряшев, С.В. Иванов, Ю.В. Белецкий. – М.: Медицина, 2000. – 224 с.
8. Липовецкий, Б.М. Функциональная оценка коронарного кровотока у человека / Б.М. Липовецкий. – Л., 1985. – 164 с.
9. Михайлов, В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмил-тест, степ-тест, ходьба / В.М. Михайлов. – Иваново: ООО ИИТ «А-Гриф», 2005. – 440 с.
10. Нагрузочные ЭКГ-тесты: 10 шагов к практике: учеб. пособие / А. С. Аксельрод, П. В. Чомахидзе, А. Л. Сыркин; под ред. А. Л. Сыркина. – 2-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2010. – 208 с.: ил.
11. Полтавская, М.Г. Пробы с физической нагрузкой у больных с хронической сердечной недостаточностью / М.Г. Полтавская // Сердце: журн. для практикующих врачей. – 2003. – Т. 2., № 2. – С. 81-83.
12. Сетракян, С.А. Интерпретация максимальных тестов с нагрузкой в кардиологической клинике / С.А. Сетракян, В.Л. Воловой // Кардиология. – 1988. – № 3. – С. 116-119.
13. Стенокардия: пер. с англ. / под ред. Д. Джулиана. – М., 1980. – 366 с.
14. Тавровская, Т. В. Велоэргометрия: практ. пособие для врачей / Т.В. Тавровская // Медицинская литература. – 2007. – 138 с.
15. Тавровская, Т.В. Использование анкеты Дюка для выбора протокола теста при велоэргометрии / Т.В. Тавровская, М.Л. Дическул, С.Ю. Булыгин // Актуальные вопросы эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний и организации кардиологической помощи населению: тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф., 21-23 мая 2003 г. – Кемерово: Фирма Полиграф, 2003. – С. 27-28.
16. Balady G. Guidelines for clinical exercise testing laboratories: a statement for

healthcare professionals from the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation, American Heart Association / G. Balady [et. al.] // *Circulation*. – 2007. – Vol. 115. – P. 2675-2682.

17. Braunwald, E. ACC/AHA 2002 guideline update for the management of patients with unstable angina and non-ST-segment elevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on the Management of Patients With Unstable Angina) / E. Braunwald, E.M. Antman, J.W. Beasley et al. // *Circulation*. – 2002. – Vol. 71.

18. Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine / edited by D.P. Zipes et al. – 7-th ed. – Philadelphia, 2005.

19. Diamond, G.A. Analysis of probability as an aid in the clinical diagnosis of coronary-artery disease / G.A. Diamond, J.S. Forrester // *N. Engl. J. Med.* – 1979. – Vol. 300, N 24. – P. 1350-1358.

20. Fletcher, G.F. Exercise standards: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association Writing Group. Special Report / G.F. Fletcher, G. Balady, V.F. Froelicher et al. // *Circulation*. – 1995. – Vol. 91, N 2. – P. 580-615.

21. Gibbons, R.J. ACC/AHA 2002 guideline update for the management of patients with chronic stable angina: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1999 Guidelines for the Management of Patients with Chronic Stable Angina) / R.J. Gibbons, J. Abrams, K. Chatterjee et al. // *Circulation*. – 2003. – Vol. 71.

22. Gibbons, R.J. ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing—Full Text. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines) / R.J. Gibbons et al. // *Circulation*. – 2002. – Vol. 106. – P. 1883-1892.

23. Guidelines on the management of stable angina pectoris: full text. The task force on the management of stable angina pectoris of the European Society of Cardiology // *Eur. Heart. J.* – 2006. – Vol. 10. – P. 1093.

24. Hlatky, M.A. A brief self-administered questionnaire to determine functional capacity (the Duke Activity Status Index) / M.A. Hlatky, R.E. Boineau, M.B. Higginbotham et al. // *Am. J. Cardiol.* – 1989. – N 64. – P. 651-654.

25. Morrow, K. Prediction of cardiovascular death in men undergoing noninvasive evaluation for coronary artery disease / K. Morrow, C.K. Morris, V.F. Froelicher et al. // *Ann. Intern. Med.* – 1993. – Vol. 118. – P. 689-695.

26. Myers, J. Optimizing the exercise test for pharmacological investigations / J. Myers, V.F. Froelicher // *Circulation*. – 1990. – Vol. 82, N 5. – P. 1839-1846.

27. Pina, I.L. Guidelines for clinical exercise testing laboratories: a statement for healthcare professionals from the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation, American Heart Association / I.L. Pina, G.J. Balady, P. Hanson et al. // *Circulation*. – 1995. – Vol. 91, N 3. – P. 912-921.

28. Washington R.L. Guidelines for exercise testing in the pediatric age group.

From the Committee on Atherosclerosis and Hypertension in Children, Council on Cardiovascular Disease in the Young, the American Heart Association / R.L. Washington, J.T. Bricker, B.S. Alpert et al. // *Circulation*. – 1994. – Vol. 90, N 4. – P. 2166-2179.

Учебное издание

**Ушакова Людмила Юрьевна**

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ В  
КАРДИОЛОГИИ**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 26.12.2018. Формат 60x84/16. Бумага «Discovery».

Печать ризография. Гарнитура «Time New Roman».

Печ. л. 3,44. Уч.- изд. л. 2,62. Тираж 100 экз. Заказ 76.

Издатель и полиграфическое исполнение –  
государственное учреждение образования «Белорусская медицинская  
академия последипломного образования».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/136 от 08.01.2014.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1275 от 23.05.2016.

220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 3, кор.3.

