

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ И ФИЗИОТЕРАПИИ

**Т. И. КАЛЕНЧИЦ, Е. В. РЫСЕВЕЦ, Ж. В. АНТОНОВИЧ**

## **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ**

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию в качестве учебно-методического пособия для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 1-79 01 01 «Лечебное дело», специализации 1-79-01 01 01 «Военно-медицинское дело», 1-79 01 02 «Педиатрия»



Минск БГМУ 2018

УДК 616-072.85(075.8)  
ББК 53.5я73  
К17

Рецензенты: канд. мед. наук, доц., зав. каф. лечебной физической культуры Белорусского государственного университета физической культуры В. И. Приходько; каф. медицинской экспертизы и реабилитации Белорусской медицинской академии последипломного образования

**Каленчиц, Т. И.**

К17      **Функциональные нагрузочные пробы : учебно-методическое пособие / Т. И. Каленчиц, Е. В. Рысеев, Ж. В. Антонович. – Минск : БГМУ, 2018. – 36 с.**

**ISBN 978-985-567-953-1.**

Освещены возможности функционального нагрузочного тестирования с точки зрения определения резервных возможностей организма, функциональных нарушений и состояния жизнедеятельности, что необходимо для выбора адекватных средств реабилитации и профилактики при основной инвалидизирующей патологии.

Предназначено для студентов 6-го курса лечебного, военно-медицинского, педиатрического факультетов и медицинского факультета иностранных учащихся по учебной дисциплине «Физиотерапия и медицинская реабилитация».

**УДК 616-072.85(075.8)  
ББК 53.5я73**

**ISBN 978-985-567-953-1**

© Каленчиц Т. И., Рысеев Е. В., Антонович Ж. В., 2018  
© УО «Белорусский государственный  
медицинский университет», 2018

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ИБС — ишемическая болезнь сердца

МПК — максимальное потребление кислорода

ТФН — толерантность к физической нагрузке

ФК — функциональный класс

ХСН — хроническая сердечная недостаточность

NYHA — Нью-Йоркская кардиологическая ассоциация

PWC — физическая работоспособность

## МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

**Общее время занятий** — 7 ч.

Реабилитационный процесс начинается и заканчивается оценкой функциональных возможностей пациента. Для определения резервов функциональных систем организма человека используются функциональные нагрузочные пробы. Под ними понимают методы исследования, при которых на систему воздействуют с помощью различных факторов, изменяющих в той или иной мере состояние гомеостаза. Чем экономнее реакция на воздействие и чем лучше организм переносит воздействие факторов, тем больше возможности организма и меньше вероятность срыва адаптационных возможностей и возникновения заболевания. Это и позволяет выявить функциональные нагрузочные пробы.

В учебно-методическом пособии представлен материал о функциональных нагрузочных пробах, наиболее часто используемых в медицине и рекомендованных ВОЗ. Необходимость издания данного учебно-методического пособия определяется тем, что оценка функционального состояния является обязательной составной частью концепции последствий болезней, являющейся основополагающей в реабилитации. И хотя врачи разных специальностей знают некоторые средства и методы медицинской реабилитации, их назначение не всегда оправдано из-за непонимания точек приложения действия этих средств с позиций улучшения функционального состояния пациента. Издание данного учебно-методического пособия необходимо еще и потому, что отсутствуют учебники по медицинской реабилитации с разделом функциональной диагностики.

При оценке последствий болезней на уровне органа по международной классификации последствий болезней (ICIDH) (нарушение функции) в медицинской реабилитации кроме использования различных мето-

дов функциональной диагностики обязательно проводят нагрузочные тесты. Это обусловлено необходимостью оценки оставшихся возможностей пациентов до и после реабилитации, что определяет их адаптацию к жизни и качество жизни. Выбор нагрузочного теста зависит от функции органа или системы, возможностей дозирования нагрузки, необходимости использования дополнительного оборудования, способов оценки результатов исследования. Главное требование, предъявляемое к нагрузочным тестам, — их безопасность. С этой позиции тесты с физической нагрузкой являются оптимальными. В реабилитации предпочтение отдается тестам, позволяющим количественно определить степень утраты функции после перенесенных заболеваний или травм.

**Цель занятия:** оценка функциональных возможностей органов и систем пациента, их адаптации к различным воздействиям.

**Задачи занятия:**

- определить наиболее информативные методы для оценки функциональных возможностей пациента;
- освоить специфику оценки функционального состояния пациентов с различными заболеваниями;
- ознакомиться с функциональными нагрузочными пробами при исследовании различных систем организма;
- обучиться методике проведения и оценки функциональных проб с физической нагрузкой;
- научиться оценивать данные нагрузочных проб, интерпретировать тест индивидуальной ТФН, результаты 6-минутного теста;
- необходимо уметь пользоваться номограммами для оценки максимального потребления кислорода, оценить готовность пациентов к активному участию в процессе реабилитации.

**Требования к исходному уровню знаний.** Для полного освоения темы студенту следует повторить:

- из курса нормальной физиологии: физиологию мышечной деятельности;
- внутренних болезней: методы функциональной диагностики в кардиологии и пульмонологии;
- физиологии и патофизиологии: сердечно-сосудистую систему.

**Контрольные вопросы из смежных дисциплин:**

1. Системы, лимитирующие физическую работоспособность.
2. Факторы, определяющие венозный возврат крови к сердцу.
3. Резервы кислородообеспечения органов и тканей.
4. Режимы сокращения мышц.
5. Классификация физических упражнений в зависимости от режима работы мышц и механизмов энергообеспечения мышечной деятельности.
6. Классификации ХСН.

7. Показатели спирограммы.
8. Характеристика нарушения функции внешнего дыхания по данным спирограммы.

9. Классификация дыхательной недостаточности.

**Контрольные вопросы по теме занятия:**

1. Классификация функциональных нагрузочных проб.
2. Задачи нагрузочного тестирования.
3. Тесты с физической нагрузкой, общая характеристика.
4. Показания и противопоказания для тестов с мышечной нагрузкой.
5. Методика проведения и оценки пробы Мартине.
6. Методика проведения и оценки 6-минутного теста.
7. Методика проведения теста РВСтах, критерии прекращения пробы, оценка.
8. Чреспищеводная электростимуляция сердца, оценка теста.
9. Тесты с психоэмоциональной нагрузкой, практическое применение.
10. Вегетативные тесты.
11. Тесты с задержкой дыхания.
12. Фармакологические нагрузочные пробы.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБ**

Все нагрузочные тесты можно классифицировать по трем критериям:

**1) характеру воздействия:**

- тесты с мышечной нагрузкой;
- тесты с психоэмоциональной нагрузкой;
- тесты с изменением температуры внешней среды;
- тесты с изменением атмосферного давления;
- тесты с изменением положения тела;
- тесты с воздействием на организм линейного или углового ускорения;
- тесты с изменением состава вдыхаемого воздуха;
- тесты с задержкой дыхания;
- тесты с пищевой нагрузкой;
- вегетативные нагрузочные тесты;
- фармакологические тесты;

**2) времени регистрации показателей:**

- рабочие тесты;
- послерабочие тесты;

**3) величине и интенсивности применяемых нагрузок:**

- максимальные тесты;
- субмаксимальные тесты;
- тесты со стандартной нагрузкой.

***Показания для проведения нагрузочных тестов:***

1. Диагностические:
  - подтверждение предполагаемой болезни;
  - определение профиля уже известного заболевания.
2. Оценка эффективности лечения и реабилитации.
3. Исследовательская работа.

***Противопоказания для нагрузочного мышечного тестирования:***

1. Абсолютные:
  - недостаточность кровообращения II-б и выше;
  - острый инфаркт миокарда (в течение первых 5 дней);
  - нестабильная стенокардия;
  - нарушения сердечного ритма (ЧСС выше 100 и ниже 40 уд./мин, политопная экстрасистолия);
  - АД > 200/110 мм рт. ст.;
  - аневризма сердца, аорты, других сосудов при исходном АД > 120/80 мм рт. ст.;
  - диссекция аорты;
  - внутрисердечный тромбоз;
  - тромбоэмболия легочной артерии или инфаркт легкого (давно-стью до 3 месяцев);
  - острый тромбофлебит;
  - острый миокардит, эндокардит, перикардит;
  - критический стеноз аорты, другие пороки с нарушениями внутрисердечной гемодинамики;
  - клинически выраженные стойкие нарушения функции ЦНС, органов зрения, печени, почек;
  - частые синкопальные состояния;
  - неконтролируемые желудочковые нарушения ритма I-IV;
  - частые эпизоды АВ блокады II степени, АВ блокада III степени;
  - выраженные артропатии, иные внесердечные причины, препятствующие нагрузке;
  - пациент не подписал информированное согласие.
2. Относительные:
  - гемодинамически значимые (некритические) пороки сердца, в том числе приобретенные;
  - аневризмы сердца, сосудов;
  - желудочковые нарушения ритма высоких градаций на фоне терапии;
  - тяжелые неконтролируемые наджелудочковые нарушения ритма;
  - эпизоды АВ блокады II степени;
  - сердечная недостаточность II-III ФК по NYHA, субкомпенсация;

- острое нарушение мозгового кровообращения или инсульт в анамнезе при исходном АД > 120/80 мм рт. ст.;
  - легочная гипертензия;
  - тяжелая форма сахарного диабета;
  - тиреотоксикоз, микседема, выраженное ожирение;
  - психозы или выраженные неврозы;
  - выраженное варикозное расширение вен.
3. Состояния, требующие особого внимания при тестировании:
- синдром Вольфа–Паркинсона–Уайта, блокады ножек пучка Гиса;
  - наличие имплантированного водителя ритма с навязанной частотой;
  - прием  $\beta$ -блокаторов, сердечных гликозидов, психотропных средств;
  - анемия;
  - нервно-мышечные, скелетные и суставные расстройства.

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАГРУЗОЧНЫХ ПРОБ**

При проведении проб с нагрузкой важное значение имеет обеспечение их безопасности. Даже при самом скрупулезном выполнении всех требований возможно развитие осложнений, в том числе и серьезных. Одни из них связаны с психологической неподготовленностью обследуемого, другие — с вегето-сосудистыми реакциями. Наибольшую тревогу представляет опасность провоцирования тяжелой коронарной недостаточности (ИБС, пороки сердца, кардиомиопатия). Приступ стенокардии, купируемый нитроглицерином или проходящий при прекращении нагрузки, не считается осложнением пробы.

Проводить нагрузочные пробы разрешается врачам, знающим в совершенстве электрокардиографию и реанимацию. Пробу можно выполнять только в том случае, если существует полная гарантия оказания срочной реанимационной помощи. Помещение, в котором проводится проба, должно быть оснащено дефибриллятором, оральными и трахеальными воздуховодами, ручным масочным респиратором, стерильным лотком со шприцами и иглами (в том числе для пункции сердца), ларингоскопом. Кроме этого, необходимы следующие препараты для оказания неотложной помощи: наркотические (промедол) и ненаркотические анальгетики в ампулах, нитроглицерин, мезатон (норадреналин), пренизолон, лидокаин, новокаиномид, индерал, строфантин, лазикс, гидрокарбонат натрия, 5%-ный раствор глюкозы.

Правильный отбор пациентов, соблюдение показаний и противопоказаний к проведению пробы, мониторинг наблюдение за ЭКГ, соблюдение методики выполнения пробы в основном гарантируют безопасность и

эффективность проб с физической нагрузкой. Врач должен получить у испытуемого добровольное согласие на основе полной информации об исследовании в письменном виде.

## **ТЕСТ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТОЛЕРАНТНОСТИ ПАЦИЕНТОВ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ (PWCmax)**

При проведении этого теста устанавливается физическая работоспособность пациентов, определяется ФК стенокардии напряжения, тип реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку, ТФН. Для выполнения пробы необходим велоэргометр или тредмил, а также электрокардиограф с прямой записью и аппарат для измерения АД. ЭКГ регистрируется в положении пациента сидя (велоэргометр) или стоя (тредмил).

В день проведения пробы пациент не должен курить и принимать лекарства. Пробу выполняют не ранее чем через 2 ч после еды.

### ***Критерии прекращения теста:***

#### **1. Клинические:**

- приступ стенокардии;
- снижение систолического давления более чем на 10 мм рт. ст. от исходного уровня или отсутствие его повышения при возрастании нагрузки;
- АД более чем 220/130 мм рт. ст.;
- выраженная одышка, приступ удушья;
- головокружение, тошнота, сильная головная боль, сбивчивые ответы на вопросы, бледность, цианоз;
- отказ пациента от дальнейшего проведения пробы (боязнь или чувство дискомфорта);
- достижение возрастной субмаксимальной ЧСС ( $ЧСС = 207 - 0,7 \times \text{возраст}$ ).

#### **2. Электрокардиографические:**

- горизонтальное, косонисходящее, корытообразное снижение сегмента ST на 1 мм и более;
- медленное косовосходящее снижение ST со снижением точки j на 2 мм при  $Q-x > 50\%$  от соответствующего QT. На сегменте ST принято определять точку ишемии (точка i). Она отстает от точки j на 0,06–0,08 с. Сдвиги точки i относительно изолинии h — главный показатель пробы. При его значении  $> 1$  мм вероятность ишемии наибольшая (рис. 1).
- подъем сегмента ST на 1,5 мм. Это встречается довольно редко, преимущественно у пациентов, перенесших инфаркт миокарда (30 %).



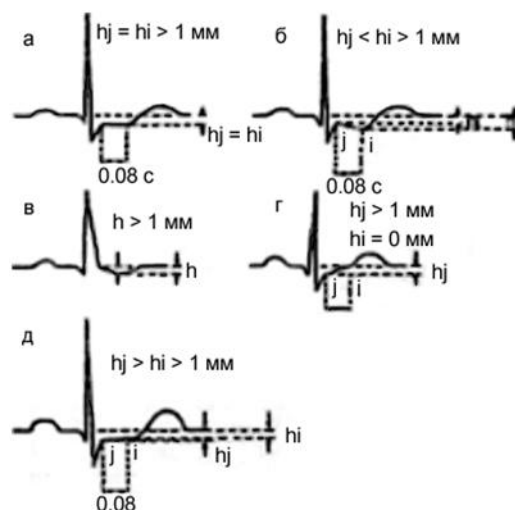


Рис. 1. Определение точки смещения  $j$  и точки ишемии  $i$  при различных видах смещения сегмента ST при проведении функциональных проб

- снижение ST в восстановительном периоде (признается не всеми авторами);
- частая экстрасистолия (4 : 40), пароксизмальная тахикардия, мерцательная аритмия;
- развитие нарушений атриовентрикулярной и желудочковой проводимости;
- изменение QRS-комплекса, в том числе переход QRS в QS; появление отсутствовавшего до нагрузки зубца Q шириной 0,03 с и амплитудой 1 мм и более; уменьшение амплитуды Q в два раза и более при исходном  $Q > 2$  мм до нагрузки; уширение зубца Q или QS-комплекса на 0,02 с и более; снижение R на 50 % и более при исходном  $R = 5-10$  мм или на 25 % при исходном  $R > 11$  мм; увеличение R на 100 % и более при исходном  $R = 5-10$  мм и на 50 % при  $R > 11$  мм; инверсия или реверсия T (при диагностированной ИБС).

Выполнение пробы **прекращается** при появлении хотя бы одного из перечисленных признаков.

**Оценка результатов пробы. ТФН** — это наивысшая переносимая нагрузка, при которой появляется один или несколько признаков, рассматриваемых, как показание к прекращению выполнения теста.

Мощность нагрузки считается **пороговой** при условии, что продолжительность выполнения последней ступени ступенчатовозрастающей физической нагрузки без признаков ее непереносимости составляет не менее 1 мин. Таким образом, показатель ТФН чаще всего превышает значение порогового уровня нагрузки.

Мощность выполненной работы определяется появлением одного из вышеперечисленных признаков непереносимости нагрузки.

ЧСС определяется в момент появления признаков непереносимости нагрузки. Эта частота сокращения сердца является предельно допустимой

при выполнении исследуемым любых физических нагрузок, в том числе бытовых или производственных.

Показатели потребления миокардом кислорода определяются во время нагрузки и в покое.

Индекс Робинсона, двойное проведение (ДП), рассчитывается следующим образом:

$$\text{ДП} = \frac{\text{АД} \cdot \text{ЧСС}}{100}.$$

Индекс экономичности (ИЭ) работы сердца рассчитывается следующим образом:

$$\text{ИЭ (Вт)} = \text{ДП} : \text{пороговая мощность нагрузки (Вт)}.$$

У здоровых людей показатель равен  $1,87 \pm 0,6$ ; у пациентов с ИБС — 2,6–3,96.

При эффективном использовании средств реабилитации динамика перечисленных показателей следующая:

1. Увеличение физической работоспособности (появление признаков непереносимости нагрузки при ее большей мощности).

2. Появление признаков непереносимости нагрузки при большей ЧСС и большем ДП.

3. Снижение ДП в покое и на определенную мощность нагрузки.

4. Снижение ИЭ работы сердца на определенную по мощности нагрузку.

***По результатам проб, проводимых с диагностической целью, различают:***

- отрицательную пробу;
- сомнительную;
- положительную;
- незавершенную (неинформативную).

***Отрицательная проба:*** испытуемый достиг возрастной субмаксимальной ЧСС, и у него не возникло ни клинических, ни объективных инструментальных критериев ишемии миокарда.

***Отрицательная проба, но с особенностями:*** испытуемый достиг возрастной ЧСС, и у него отмечается существенное повышение АД (230/120 мм рт. ст.), нечастая экстрасистолия (менее 4 в 1 мин), колаптоидное состояние, реверсия или инверсия зубца Т, выраженная одышка, головокружение или головная боль, боли в мышцах ног.

***Сомнительная проба.*** При ее выполнении у пациента:

– развился болевой синдром, типичный для стенокардии или напоминающий ее, но без изменений ЭКГ;

– наблюдалось горизонтальное снижение сегмента ST на 0,5 мм или медленно восходящее повышение сегмента ST до 1 мм;

– обнаружены нарушения ритма и проводимости (частая или поли-топная экстрасистолия, развитие атриовентрикулярных или и внутрижелудочковых нарушений проводимости, появление пароксизмов наджелудочковой или желудочковой тахикардии);

– произошло снижение АД на 20 мм рт. ст. и более от исходного уровня на высоте нагрузки.

*Положительная проба:* появляются объективные признаки ишемии миокарда с одновременным приступом стенокардии или без него.

*Незавершенная проба:* испытуемый не достиг возрастной субмаксимальной ЧСС, при этом у него не возникло ни клинических, ни инструментальных критериев ишемии миокарда.

По характеру изменения ЧСС и АД после функциональных проб различают пять реакций сердечно-сосудистой системы со ступенчатым подъемом систолического давления:

- нормотонический тип;
- гипотонический;
- гипертонический;
- дистонический;
- ступенчатый.

*Нормотонический тип* характеризуется пропорциональным увеличением ЧСС и систолического АД, диастолическое АД не изменяется или изменяется незначительно.

*Гипотонический тип* характеризуется неадекватным учащением ЧСС и незначительным подъемом систолического АД, диастолическое АД не изменяется или изменяется незначительно.

*Гипертонический тип:* систолическое АД составляет более 150 % от исходного и/или диастолическое АД выше 90 мм рт. ст., значительно учащается ЧСС.

*Дистонический тип* характеризуется повышением систолического АД и резким снижением диастолического АД, причем прослушивается нулевой тон, так называемый бесконечный. ЧСС значительно возрастает.

*Ступенчатый тип* характеризуется подъемом систолического АД на 2–3-й минуте восстановительного периода выше, чем на 1-й минуте.

## ТРЕДМИЛ-ТЕСТ

Протоколы нагрузочного теста различают по скорости движения дорожки, углу наклона тредмила, длительности ступеней и изменению параметров ходьбы. Существует ряд стандартных общепринятых протоколов для различной категории пациентов. Наиболее часто используемые протоколы представлены в табл. 1.

## Наиболее распространенные протоколы для тредмил-теста

Степень	Скорость		Угол наклона, %	Длительность, мин
	миль/ч	км/ч		
<i>Протокол R. Bruce</i>				
1	1,7	2,7	10	3
2	2,5	4	12	3
3	3,4	5,4	14	3
4	4,2	6,7	16	3
5	5	8	18	3
6	5,5	8,8	20	3
7	6	9,6	22	3
<i>Модифицированный протокол R. Bruce (Mod. Bruce)</i>				
1	1,7	2,7	0	3
2	1,7	2,7	5	3
3	1,7	2,7	10	3
4	2,5	4	12	3
5	3,4	5,4	14	3
6	4,2	6,7	16	3
7	5	8	18	3
8	5,5	8,8	20	3
9	6	9,6	22	3

Для пациентов с предполагаемой хорошей переносимостью нагрузки используется **протокол R. Bruce** с быстрым темпом прироста дорожки и угла наклона. Этот протокол может использоваться у здоровых лиц и пациентов в возрасте до 75 лет при отсутствии значимой сопутствующей патологии. Если есть сомнения в возможности удачного завершения теста, включая одно из относительных противопоказаний к тестированию, лучше использовать **модифицированный протокол R. Bruce (Mod. Bruce)**. При использовании этого протокола нагрузка на первых ступенях нарастает более медленно. **Протоколы J. Naughton и V. Balke** используются для тестирования пациентов с очень низкой ТФН и/или пациентов с недостаточностью кровообращения.

Общий объем выполненной физической нагрузки оценивается в метаболических единицах (МЕ). С помощью протокола определяется, во сколько раз переносимая пациентом максимальная нагрузка увеличивает базальный уровень потребления кислорода. Условно базальный уровень потребления кислорода приравнивается к 3,5 мл/кг массы тела, т. е. 1 МЕ = 3,5 мл/(кг/мин) кислорода. Число МЕ, характеризующих функциональную способность сердечно-сосудистой системы, находится в прямой зависимости от МПК (табл. 2).

**Ориентировочное соотношение единиц определения толерантности  
к физической нагрузке**

<b>МЕ</b>	<b>Вт</b>	<b>Толерантность</b>
До 3,9	30–50	Низкая
4–6,9	50–75	Средняя
Более 7	100–125	Высокая
Более 8	Более 125	Очень высокая

Результат пробы с физической нагрузкой позволяет достаточно точно определить прогноз заболевания и выявить пациентов с наибольшим риском осложнений. Наихудший прогноз имеют пациенты, у которых при невысокой степени нагрузки развивается приступ стенокардии, сопровождающийся глубокой депрессией сегмента ST и развивающийся при невысокой ЧСС. Существует ряд индексов, отражающих прогностическую ценность результатов проб с физической нагрузкой. Наиболее приемлемым можно считать индекс нагрузки на тредмиле Дьюка (The Duke Treadmill Score — DTS). Он вычисляется по формуле:

$$DTS = \text{продолжительность нагрузки (мин)} - (5 \cdot \text{смещение ST (мм)}) - (4 \cdot \text{выраженность стенокардии (баллы)}),$$

где выраженность стенокардии 0 — это отсутствие стенокардии при нагрузке, 1 — стенокардия, не препятствующая продолжению нагрузки, 2 — стенокардия, ограничивающая продолжение нагрузки.

Считается, что значение  $DTS \geq +5$  свидетельствует о невысоком риске, значения DTS от +4 до -10 — об умеренном риске, значения  $DTS \leq -11$  — о высоком риске.

## СПИРОЭРГОМЕТРИЯ

**Спироэргометрия** — это метод исследования газообмена и легочной вентиляции при физической нагрузке. Основной путь энергообеспечения деятельности организма аэробный. Наиболее интегральным показателем аэробной производительности организма является максимальное количество кислорода, которое он способен потреблять в течение одной минуты — МПК. ВОЗ рекомендует определение МПК как один из наиболее надежных методов оценки дееспособности здорового и больного человека. Потребление кислорода при мышечной деятельности увеличивается пропорционально ее мощности. Однако такая зависимость сохраняется до определенного уровня мощности работы. В тех случаях, когда исчерпываются резервы систем кислородообеспечения, потребление кислорода не будет увеличиваться при дальнейшем возрастании нагрузки. Это и будет уровень МПК для данного индивидуума. В реальных условиях

аппарат кровообращения является главным лимитирующим звеном в системе транспорта кислорода при мышечной работе. Один из методов определения МПК — спироэргометрия. В реабилитационной практике она позволяет наиболее точно судить о динамике состояния пациентов при наблюдении за ними.

***Показания к спироэргометрии:***

- дифференциальная диагностика одышки;
- определение прогноза при острых и хронических формах ИБС;
- стратификация кардиологического риска перед некардиальными операциями;
- подбор режима тренировок;
- дополнительная оценка тяжести ХСН по классификации Weber;
- определение ТФН и разработка программ реабилитации у пациентов с мерцательной аритмией;
- диагностика шунтов справа налево у пациентов с легочной гипертензией;
- дифференциальная диагностика гипертрофии левого желудочка от гипертрофической кардиомиопатии, например, у спортсменов;
- определение дополнительных гемодинамических показаний к оперативному лечению пороков сердца с учетом ТФН. Так, пациенты с пороками клапанов с  $VO_{max} < 14$  мл/мин/кг нуждаются в протезировании клапанов;
- отбор пациентов для трансплантации сердца.

Общепринятым показанием для трансплантации сердца является  $VO_{max} < 10$  мл/мин/кг; область 10–14 мл/мин/кг считается «серой» зоной, когда учитываются другие факторы.

Для проведения спироэргометрии необходима следующая аппаратура:

- газоанализатор, обеспечивающий автоматическую регистрацию потребления кислорода в покое и при нагрузке и выделения углекислоты;
- устройство для назначения дозированной нагрузки (велозергометр, ступеньки, тредмил);
- аппарат для записи ЭКГ.

В клинике спироэргометрический тест проводят при непрерывной ступенеобразно возрастающей нагрузке. Длительность каждой ступени нагрузки — 5 мин, начальный уровень нагрузки — 25 Вт с последующим увеличением нагрузки на каждой ступени на ту же величину.

***Критерии прекращения пробы:***

- достижение МПК (достижение плато на кривой потребления кислорода);
- появление симптомов, требующих прекращения пробы с нагрузкой (см. раздел «Тест электрокардиографической индивидуальной толерантности к физической нагрузке»). Если эти признаки появляются рань-

ше достижения плато на кривой потребления кислорода, говорят о МПК, ограниченном появлением симптомов.

**Оценка результатов теста:**

1. Достижение максимального уровня потребления кислорода (в л/мин или мл/мин/кг массы тела, для мужчин (табл. 3) и женщин (табл. 4)).

2. Максимальное достижение «кислородного пульса» при нагрузке. Кислородный пульс — количество кислорода, доставленное тканям за одно сокращение сердца. У лиц в возрасте 18–19 лет оно составляет 17,1 мл/уд., 20–40 лет — 16,8 мл/уд., 41–50 лет — 15,6 мл/уд., 51–60 лет — 13 мл/уд., старше 60 лет — 11 мл/уд. У спортсменов максимальный кислородный пульс в среднем равен 21,6 мл/уд.

3. Достижение следующего количества МЕ: у здоровых нетренированных мужчин среднего возраста МЕ = 10 и более, у спортсменов — 15–16 и более, у пациентов с ИБС IV ФК — 2, III ФК — 2–3,9, II ФК — 4–6,9, I ФК — 7 и более. Чем ниже число МЕ у пациентов с ИБС, тем хуже прогноз заболевания.

Таблица 3

**Должные величины максимального потребления кислорода, л/мин**

Возраст, лет	Масса, кг										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20–24	2,7	2,84	2,98	3,11	3,25	3,35	3,47	3,6	3,71	3,83	3,96
25–29	2,47	2,6	2,73	2,85	2,98	3,08	3,19	3,31	3,41	3,52	3,65
30–34	2,3	2,42	2,53	2,64	2,77	2,86	2,97	3,08	3,18	3,28	3,4
35–39	2,14	2,26	2,38	2,48	2,6	2,69	2,78	2,89	2,99	3,09	3,2
40–44	2,02	2,13	2,24	2,34	2,45	2,54	2,63	2,74	2,83	2,92	3,03
45–49	1,92	2,02	2,13	2,24	2,33	2,41	2,5	2,6	2,69	2,78	2,88
50–54	1,83	1,93	2,03	2,12	2,23	2,31	2,39	2,49	2,57	2,66	2,78

Таблица 4

**Должные величины максимального потребления кислорода, л/мин**

Возраст, лет	Масса, кг									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20–24	2,32	2,46	2,58	2,71	2,82	2,94	3,05	3,15	3,06	3,36
25–29	2,15	2,27	2,39	2,5	2,61	2,72	2,82	2,92	3,01	3,13
30–34	2,01	2,13	2,24	2,34	2,44	2,54	2,63	2,72	2,81	2,9
35–39	1,9	2,01	2,11	2,2	2,3	2,39	2,48	2,57	2,65	2,73
40–44	1,81	1,91	2,01	2,1	2,19	2,28	3,36	2,45	2,52	2,6
45–49	1,72	1,81	1,9	1,99	2,08	2,16	2,24	2,32	2,39	2,47

При эффективном использовании средств реабилитации имеется следующая динамика перечисленных показателей:

- увеличение МПК при нагрузке;
- увеличение кислородного пульса при нагрузке;
- увеличение числа МЕ при нагрузке.

## ТЕСТ 6-МИНУТНОЙ ХОДЬБЫ

Данный тест используется для оценки работоспособности пациентов с хроническими легочными заболеваниями, для уточнения ФК ХСН (табл. 5).

Таблица 5

Соотношение функционального класса хронической сердечной недостаточности, дистанции 6-минутной ходьбы и максимального потребления кислорода

ФК по NYHA	Дистанция 6-минутной ходьбы, м	МПК, мл/кг/мин
0	Более 551	Более 22,1
1	426–550	18,1–22
2	301–425	14,1–18
3	151–300	10,1–14
4	Менее 150	Менее 10

**Методика проведения пробы.** Она проводится утром натощак, пациенту необходимо пройти в приемлемо быстром темпе максимальную дистанцию по размеченному по 1 м коридору в течение 6 мин. Если пациент останавливается для отдыха, то затраченное на это время включается в общий зачет.

Должные результаты 6-минутного теста определяются по формулам P. L. Enright и D. L. Sherrill (2001 г.):

- для мужчин:  $(7,57 \cdot \text{рост в см}) - (5,02 \cdot \text{возраст}) - (1,76 \cdot \text{вес в кг}) - 309$ ;
- для женщин:  $(2,11 \cdot \text{рост в см}) - (2,29 \cdot \text{возраст}) - (5,78 \cdot \text{вес в кг}) + 667$ .

Для лиц старше 65 лет должная дистанция 6-минутной ходьбы определяется по формулам P. L. Enright (2003 г.):

- для мужчин:  $493 + (2,2 \cdot \text{рост в см}) - (0,93 \cdot \text{вес в кг}) - (5,3 \cdot \text{возраст}) + 17$ ;
- для женщин:  $493 + (2,2 \cdot \text{рост в см}) - (0,93 \cdot \text{вес в кг}) - (5,3 \cdot \text{возраст})$ .

## ПРОБА С ИЗОМЕТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

В повседневной жизни человеку приходится выполнять не только динамические, но и статические нагрузки (подъем и перенос тяжести, передвижение мебели и т. д.). В связи с этим при реабилитации такие нагрузки необходимо использовать и определять их переносимость. Обычно проводятся пробы с ручной и дозированной ножной изометрической нагрузкой.

**Необходимая аппаратура:** электрокардиограф, ручной динамометр, устройство для ножных статических нагрузок.



При проведении пробы с ручной нагрузкой пациенту первоначально предлагают быстро и с максимальной силой сжать динамометр. Таким образом определяют индивидуальную максимальную силу сжатия. Затем для определения выносливости к изометрической нагрузке, которая измеряется в секундах, под контролем ЭКГ и АД последовательно назначают нагрузки в объеме 50 и 75 % от индивидуальной максимальной силы сжатия до появления признаков ее непереносимости или утомления руки. Перерыв между двумя ступенями нагрузки до восстановления исходных величин ЧСС и АД — 5 мин и более. Проба проводится последовательно одной и другой рукой.

Устройство для ножных статических нагрузок состоит из станины с педалями, соединенными с пружинами, сжатие которых тарифовано в кг на динамометре, и жестко скрепленного со станией кресла.

**Критерии прекращения пробы** — см. раздел «Тест электрокардиографической индивидуальной толерантности пациентов к физической нагрузке».

При эффективном использовании средств реабилитации увеличивается изометрическая сила и выносливость. Показатель «сила» характеризует конечный эффект работы в кг, «выносливость» — время, в течение которого фиксируется статическое усилие.

## **ПРОБА С ЧРЕСПИЩЕВОДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ**

При невозможности выполнения пробы с физической нагрузкой или доведения ее до объективных диагностических критериев при детренированности обследуемого, наличии у него сопутствующих заболеваний (выраженная дыхательная недостаточность, артериальная гипертензия, перемежающаяся хромота, ортопедические дефекты, угрожающая отслойка сетчатки глаз и т. д.) может проводиться нагрузочная проба, повышающая потребность миокарда в кислороде — проба с чреспищеводной электрической стимуляцией предсердий.

### **Показания:**

- невозможность проведения проб с физической нагрузкой в связи с наличием сопутствующих заболеваний;
- неинформативность пробы с физической нагрузкой вследствие того, что она не доведена до диагностических критериев по ЭКГ или до субмаксимальной возрастной ЧСС;
- выявление заболеваний, связанных с нарушениями ритма сердца и проводимости, в том числе слабости синусового узла;
- необходимость подбора оптимальной антиаритмической терапии;

- застойная сердечная и дыхательная недостаточность, не позволяющая выполнить пробу с физической нагрузкой при ее необходимости;
- острый инфаркт миокарда (в сочетании с эхокардиографией или сцинтиграфией миокарда).

**Противопоказания:**

- заболевания пищевода;
- постоянная форма мерцательной аритмии или атриовентрикулярная блокада II–III степени (невозможно навязать необходимую ЧСС);
- пациенты с исходными изменениями ЭКГ в покое вследствие блокады левой ножки пучка Гиса, выраженной гипертрофии миокарда, синдрома Вольфа–Паркинсона–Уайта (невозможно интерпретировать изменения сегмента ST).

Для проведения пробы **необходима следующая аппаратура:** двух-полюсный пищеводный полюс-электрод, электрокардиостимулятор, электрокардиограф (желательно многоканальный с монитором), тонометр.

Проба удовлетворительно переносится пациентами; у некоторых может появиться ощущение жжения в эпигастральной области, нижней трети грудины. Хотя это и не препятствует доведению пробы до диагностических критериев, но мешает оценке болевого синдрома.

**Критерии оценки пробы.** Положительным результатом пробы считается появление на высоте стимуляции ишемического (горизонтального или косонисходящего) сегмента ST (на 2 мм и более). Однако более специфичным критерием положительной пробы является смещение сегмента ST ишемического характера на 0,1 мВ и более горизонтального или косонисходящего типа длительностью 0,08 с после точки j в первом и последующих комплексах ЭКГ постстимуляционного периода. Пример оценки пробы приведен на рис. 2.



Рис. 2. Изменения электрокардиограммы при пробе чреспищеводной электрической стимуляцией предсердий у пациента К., 43 года

С помощью этой пробы можно выявлять ФК, соответствующие различной степени выраженности коронарной недостаточности. ФК определяется по проценту прироста ЧСС на максимуме стимуляции, при которой зафиксирована значимая депрессия сегмента ST, по отношению к исходной ЧСС: 1-й ФК — 180–200 %, 2-й ФК — 150–175 %, 3-й ФК — 125–145 %, 4-й ФК — менее 125 %. ФК пациентов с ИБС может быть

оценен по ДП до исследования и на высоте нагрузки. Производное от деления  $ДП_{\max}$  на  $ДП_{\text{покоя}}$  покажет резерв работы сердца и ФК стенокардии напряжения: 1-й ФК — более 2,5; 2-й ФК — 2–2,5; 3-й ФК — 1,5–2; 4-й ФК — менее 1,5.

### СТРЕСС-ЭХОКГ (ТРЕДМИЛ, ВЕЛОЭРГОМЕТРИЯ)

При возникновении ишемии миокарда нарушения локальной сократимости предшествуют изменениям на ЭКГ.

Стресс-ЭхоКГ применяется для выявления ишемии миокарда, а также для оценки жизнеспособности миокарда у пациентов с ХСН. Пробе отдают предпочтение при исходно измененной ЭКГ (гипертрофия левого желудочка, действие лекарственных средств или электролитные нарушения).

Специфичность пробы снижается при нарушениях проводимости и у лиц, перенесших инфаркт миокарда.

**Критерии резко положительной пробы** следующие:

- максимальная фракция выброса левого желудочка — 35 %;
- увеличение фракции выброса левого желудочка при нагрузке менее чем на 5 %;
- появление нарушений сократимости в нескольких сегментах левого желудочка;
- появление нарушений локальной сократимости левого желудочка при физической нагрузке: 6,5 метаболического эквивалента или ЧСС < 120 уд./мин.

### ТЕСТЫ С ЗАДЕРЖКОЙ ДЫХАНИЯ

**Проба Штанге** — время задержки дыхания после субмаксимального вдоха.

**Проба Генчи** — время задержки дыхания после спокойного выдоха. Исследование проводится сидя, без предварительной разминки. Во время задержки дыхания испытуемый зажимает нос пальцами. Фиксируется максимально возможное время задержки дыхания. Здоровые нетренированные лица на вдохе задерживают дыхание на 1 мин, на выдохе — до 30–40 с.

При эффективном использовании средств реабилитации продолжительность предельно возможной задержки дыхания увеличивается.

## ПРОБА С ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Обоснованием к применению проб с психоэмоциональным напряжением служит усиление под их влиянием деятельности сердечно-сосудистой системы человека, находящегося в состоянии физического покоя. Моделируя психоэмоциональную нагрузку у пациентов с ИБС, можно индуцировать приступ стенокардии с признаками ишемии миокарда, гипертензивную реакцию. Причиной приступа стенокардии при психоэмоциональной нагрузке является повышение ЧСС и АД вследствие усиления секреции катехоламинов, что ведет к увеличению потребности миокарда в кислороде.

### **Противопоказания:**

- острое нарушение мозгового кровообращения;
- гипертонический криз;
- острый период инфаркта миокарда;
- острые воспалительные заболевания;
- некорректируемое нарушение зрения;
- частая или групповая экстрасистолия.

**Условия для проведения** пробы: изолированная комната при зашторенных окнах, исключаются все посторонние раздражители. Исследование выполняется в положении сидя, под контролем АД и ЭКГ в 12 отведениях.

Существует множество вариантов проведения пробы: арифметический счет в уме, составление предложений или слов. При исследовании рекомендуется использовать две методики. Недостатком данного метода исследования является то, что методики не стандартизированы.

**Положительная проба** характеризуется появлением признаков ишемии и дисфункции миокарда.

## ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЫ

Функциональные пробы с применением фармакологических средств подразделяют на две группы: провокационные и разрешающие.

**Провокационные** фармакологические пробы по своей сути близки к пробам с физической, психоэмоциональной нагрузками, чреспищевой стимуляцией сердца. Нарушая функциональное равновесие сердечно-сосудистой системы, они провоцируют скрытую коронарную недостаточность или способствуют уточнению ее характера.

**Разрешающие** фармакологические пробы направлены на устранение существующего дисбаланса между регулирующими системами и пораженным органом. Вследствие этого под влиянием разрешающего фактора временно устраняются или улучшаются исследуемые функции системы. Такие пробы безопасны, хотя и уступают по своей диагностиче-

ской ценности другим пробам. К разрешающим фармакологическим пробам в кардиологии относятся нитроглицериновая, атропиновая, фентоламинавая (реджетиновая) пробы, пробы с пропранололом, хлористым калием, фуросемидом, каптоприлом; в пульмонологии — пробы с бета-миметиками и холинолитиками короткого действия.

Для оценки сердечно-сосудистой системы могут использоваться различные провокационные тесты:

**1. Проба с эргометрином (эргоновином).** Эргометрин усиливает стимуляцию альфа-адренорецепторов и вызывает спазм сосудов.

**Проведение пробы показано** пациентам с клинической картиной стенокардии, у которых во время коронарографии не обнаружено стенозирующих изменений.

**Проба противопоказана:**

- в остром периоде инфаркта миокарда;
- при недавно перенесенном инфаркте миокарда;
- выраженном и множественном стенозирующем коронарном атеросклерозе;
- выраженном атеросклерозе сосудов головного мозга;
- сердечной недостаточности;
- выраженных нарушениях ритма сердца;
- артериальной гипертензии;
- тяжелом аортальном стенозе.

**Критерии прекращения** пробы: развитие приступа стенокардии, изменения ЭКГ ишемического типа, нарушение ритма сердца высоких градаций, резкое повышение АД.

Проба считается **положительной** при смещении сегмента ST вверх или книзу от изоэлектрической линии на 1 мм и более.

При появлении болевого приступа без электрокардиографического подтверждения ишемии миокарда проба считается **сомнительной**.

У пациентов с вазоспастической стенокардией эргометриновая проба провоцирует стенокардию, сопровождающуюся значительным повышением сегмента ST вплоть до появления картины, напоминающей «ток повреждения» или монофазную кривую при инфаркте миокарда.

**2. Проба с внутрикоронарным введением ацетилхолина.** В патогенезе коронарного атеросклероза большое значение имеют изменения эндотелия, причем нарушения функционального состояния эндотелия происходят на ранних стадиях атеросклеротического процесса или предшествуют ему. Эндотелиальная дисфункция является ранним маркером атеросклеротического процесса в коронарных артериях, неизмененных по данным ангиографии.

При сохраненной функции эндотелия сосудов ацетилхолин стимулирует выработку специального фактора релаксации (оксида азота — NO)

и тем самым вызывает увеличение просвета сосуда. В случае нарушения целостности или функционального состояния эндотелия реакция артерии на введение ацетилхолина извращается.

**Проба применяется** для оценки функционального состояния эндотелия у пациентов с неповрежденными коронарными артериями на ранних стадиях развития атеросклероза.

**Проба противопоказана:**

- при наличии стенозов любой степени основного ствола левой коронарной артерии;
- сужении коронарных артерий (более 50 % просвета).

**Критерии оценки:** реакция сосуда учитывается при изменении его диаметра на 0,2 мм и более.

**3. Проба с добутином. ЭКГ-добутиновая проба.** Обладая бета-адреностимулирующим эффектом, добутамин приводит к повышению ЧСС, сократительной способности миокарда и в итоге к увеличению работы сердца.

**Показания:**

- диагностика ИБС;
- невозможность проведения пробы с дозированной физической нагрузкой;
- отрицательная проба с физической нагрузкой с клинической картиной ИБС у пациента;
- патология опорно-двигательного аппарата.

**Противопоказания:**

- острый период инфаркта миокарда;
- нестабильная стенокардия;
- выраженные нарушения сердечного ритма (частая, политопная, групповая желудочковая экстрасистолия, пароксизмальная желудочковая тахикардия);
- недостаточность кровообращения IIБ–III ст.;
- аневризма сердца или аорты;
- стеноз устья аорты.

**Критерии прекращения пробы и ее оценка:** аналогичны таковым пробы с физической нагрузкой.

**4. Стресс-эхокардиография с добутином.** Сочетание добутиновой пробы с двухмерным эхокардиографическим исследованием повышает диагностические возможности пробы.

**Показания:**

- оценка боли в грудной клетке при ее неясном характере;
- оценка выраженности коронарной недостаточности у пациентов с установленной ИБС;

- предоперационная оценка состояния пациентов при некардиальных вмешательствах;
- оценка состояния пациентов после коронарного шунтирования;
- оценка состояния миокарда («оглушенный» миокард);
- риск-стратификационная оценка состояния пациентов, перенесших инфаркт миокарда;
- оценка аортального стеноза с низким сердечным выбросом.

***Противопоказания:***

- острый инфаркт миокарда (менее 4–10 дней);
- нестабильная стенокардия;
- подозрение на поражение основного ствола левой коронарной артерии;
- выраженная застойная сердечная недостаточность;
- тяжелая, угрожающая жизни тахикардия;
- тяжелый клапанный стеноз;
- гипертрофическая обструктивная кардиомиопатия;
- острые перикардит, миокардит, эндокардит;
- установленная диссекция аорты или подозрение на нее.

***Критерии прекращения пробы:***

- стенокардия;
- достижение субмаксимальной ЧСС;
- появление выраженной желудочковой или суправентрикулярной экстрасистолии;
- гипотензия;
- нарушение или ухудшение сократительной функции левого желудочка (в двух сегментах);
- ишемическое снижение сегмента ST.

***Критерии оценки пробы.*** Анализ локальной сократимости основывается на условном делении левого желудочка на 16 сегментов. Сократимость каждого сегмента оценивается в баллах: 1 балл — нормальная, 2 балла — гипокинезия (сниженная), 3 балла — акинезия (отсутствие сократимости), 4 балла — дискинезия (пассивное смещение в направлении, противоположном нормальному движению сегмента в систоле). Оценка пробы осуществляется по индексу нарушений локальной сократимости левого желудочка (отношение суммы баллов к количеству оцениваемых сегментов).

## **Бронхопровокационные тесты**

Выполнение провокационных тестов позволяет получить преходящую бронхообструкцию и, таким образом, оценить наличие и степень восприимчивости (гиперреактивности) дыхательных путей к различным брон-

хоконстрикторным раздражителям у пациентов с респираторными жалобами.

При исходной нормальной функции внешнего дыхания возможно проведение фармакологических тестов (ингаляции растворов гистамина, метахолина, карбахола, аллергенов), тестов с неспецифическими провокаторами, их комбинациями, например, с физической нагрузкой, гипервентиляцией, ингаляцией холодного воздуха, гипо- и гипертонических аэрозолей.

Наибольшее распространение получил тест с гистамином — основным воспалительным медиатором бронхиальной астмы. Ингаляция гистамина вызывает сокращение гладкой мускулатуры бронхов за счет прямой стимуляции H<sub>1</sub>-гистаминовых рецепторов, увеличивает сосудистую проницаемость.

После регистрации исходной функции внешнего дыхания ингалируется растворитель (изотонический раствор хлорида натрия), затем раствор гистамина в последовательно возрастающих концентрациях (от 0,0001 до 0,01 %). Повторная регистрация функции внешнего дыхания в режиме записи кривой «поток–объем» (пневмотахометрия) проводится через 30 и 90 с после каждой ингаляции. Для анализа используются наименьшие значения анализируемых показателей, отражающие максимальную бронхоконстрикцию при определенной дозе гистамина.

Тест расценивается как положительный при снижении объема форсированного выдоха за первую секунду на 20 % и более от исходного значения, или появляются клинические эквиваленты положительного теста — развитие типичного приступа затрудненного дыхания и появление рассеянных сухих хрипов в легких. Тест считается положительным независимо от того, ингаляция какой концентрации раствора привела к диагностическим изменениям.

## **БРОНХОПРОВОКАЦИОННЫЕ ТЕСТЫ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ**

Функциональные тесты с физической нагрузкой высокоспецифичны при бронхиальной астме. В том числе показанием к проведению теста является необходимость диагностики астмы физического усилия (exercise-induced asthma).

Тест с физической нагрузкой проводится на велоэргометре или тредмиле при температуре воздуха 20 °С и влажности около 40 %. Проба проводится до достижения мощности нагрузки на велоэргометре 2 Вт/кг массы тела в течение 6–8 мин или до появления общепринятых критериев прекращения физической нагрузки. При проведении теста носовое дыхание перекрывается носовым зажимом.



При оценке результатов теста сравниваются спирометрические показатели до нагрузки, сразу после нагрузки, на 3-й, 6-й, 10-й, 15-й и 20-й мин восстановительного периода. Тест расценивается как *положительный* при снижении объема форсированного воздуха за первую секунду на 10 % и более от покоя.

## ОРТОСТАТИЧЕСКАЯ ПРОБА

Доступным методом исследования является ортостатическая проба. При переходе из горизонтального положения в вертикальное уменьшается поступление крови к правым отделам сердца, при этом объем крови снижается приблизительно на 20 %, минутный объем — на 1–2,7 л/мин. Повышение тонуса симпатической нервной системы приводит к учащению сердечных сокращений, повышению периферического сопротивления.

### **Показания:**

- определение толерантности к резким изменениям положения тела;
- назначение лекарственных средств, влияющих на перераспределение крови;
- дифференциальная диагностика нейроциркуляторных расстройств кровообращения;
- изучение механизмов автономной регуляции;
- определение вегетативной реактивности и др.

**Абсолютных противопоказаний** к проведению пробы нет.

У здоровых людей при выполнении пробы наблюдается снижение систолического АД на 5–10 мм рт. ст, среднего АД на 3 мм рт. ст, возрастает ЧСС в среднем на 17 % от исходной, уменьшается ударный индекс в среднем на 20 % от исходного, снижается объем циркулирующей крови, почечный кровоток и клубочковая фильтрация. На ЭКГ снижается вольтаж зубцов Т, интервал Q–Т сокращается, изменяется электрическое положение оси сердца. Патологическая реакция выражается в более значительном изменении гемодинамики, возможно появление извращенной реакции. При тяжелой форме коронарной недостаточности возможно появление ишемического снижения сегмента ST.

## ТЕСТИРОВАНИЕ ЕЖЕДНЕВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Исследование ежедневной деятельности — выполнение наиболее часто встречающихся видов деятельности в обычной жизни. Как правило, используются комбинированные движения, связанные с самообслуживанием, бытовой и трудовой деятельностью.

Для исследования ежедневной деятельности используют следующие нагрузки:

- ежедневная деятельность по самообслуживанию;
- ежедневная семейно-бытовая деятельность;
- ежедневная профессионально-бытовая деятельность.

Оценка результатов теста проводится по 5-балльной шкале:

- 0 баллов — пациент не может совершать предложенный вид деятельности;
- 16 баллов — пациент выполняет нагрузку частично, со значительной посторонней помощью;
- 26 баллов — исследуемый выполняет нагрузку самостоятельно, но ему необходимо присутствие постороннего лица для наблюдения, контроля за деятельностью;
- 36 баллов — тестируемый выполняет нагрузку самостоятельно, но медленно;
- 46 баллов — исследуемый совершает деятельность с силой, быстротой, ловкостью и выносливостью, близкими к нормальным;
- 56 баллов — тестируемый выполняет нагрузку как здоровый человек, независимо от посторонних.

При исследовании ежедневной деятельности обязательно указываются виды нагрузок, противопоказанные пациенту на момент обследования, и время, необходимое для выполнения предлагаемых видов деятельности.

Для оценки функциональной независимости может использоваться модифицированная шкала функциональной независимости (Functional Independence Measure — FIM) (табл. 6)

Таблица 6

**Модифицированная шкала функциональной независимости**

Критерии независимости пациента	Оценка критериев в баллах	
	До реабилитации	После реабилитации
<i>Самообслуживание</i>		
Питье из чашки		
Прием пищи		
Одевание		
Уход за собой		
Умывание или купание в ванне		
<i>Контроль сфинктеров</i>		
Контроль функции мочевого пузыря		
Контроль функции кишечника		
<i>Мобильность</i>		
Активность в постели		
Способность устраиваться в кресле и покидать		

его		
Способность входить в туалет и выходить из него		
Способность входить в ванну и выходить из нее		

Окончание табл. 6

Критерии независимости пациента	Оценка критериев в баллах	
	До реабили- тации	После реابي- литации
<i>Способность к передвижению</i>		
Способность пройти по ровной поверхности 50 м		
Способность передвигаться вверх и вниз по лестнице		
Способность передвигаться в кресле-коляске		
<i>Общение и социальные функции</i>		
Сенсорные нарушения		
Сохранность интеллектуального и эмоционального реагирования (взаимодействие с другими людьми, решение проблем, память)		
<b>Сумма баллов</b>		

Оценка каждого пункта производится по 5-балльной шкале обслуживающим персоналом:

- 1 балл — полная зависимость;
- 2 балла — значительная зависимость;
- 3 балла — умеренная зависимость;
- 4 балла — минимальная зависимость;
- 5 баллов — полная независимость.

Отмечается следующее примерное соответствие ФК социально-бытовой активности сумме баллов по модифицированной шкале: IV ФК — 5 баллов, III ФК — 16–20 баллов, II ФК — 20–40 баллов, I ФК — 40–60 баллов, 0 ФК — 60–80 баллов.

## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

Для самоконтроля усвоения темы занятия студентам рекомендуется ответить на тестовые вопросы и решить ситуационные задачи. Закрепить полученные знания поможет самостоятельная работа с протоколами нагрузочного тестирования и медицинскими картами стационарных и амбулаторных пациентов.

### СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** Пациентка К., 21 год, студентка экономического университета.

*Клинический диагноз:* внебольничная полисегментарная пневмония слева в нижней доле, среднетяжелое течение. Выраженный бронхоспастический синдром, ДН1.

На момент обследования пациентка предъявляет жалобы на кашель с небольшим количеством слизистой мокроты на протяжении суток, одышку при умеренной физической нагрузке, слабость.

При объективном обследовании  $t = 37,7$  °С. Кожные покровы обычной окраски. Дыхание слева в нижних отделах бронхиальное, влажные и сухие рассеянные единичные хрипы. Границы относительной сердечной тупости не смещены. Тоны сердца приглушены, ритм правильный. Пульс 92 уд./мин, АД 105/70 мм рт. ст.

Р-графия органов грудной клетки: полисегментарная пневмония слева в нижней доле.

Спирография: FEV 55 %, FVC 40 %, PEF 71 %, MEF<sub>75</sub> 81 %, MEF<sub>50</sub> 103 %, MEF<sub>25</sub> 150 %, VC 68 %.

ЭКГ: ритм синусовый, умеренная тахикардия.

Общий анализ крови: L 8,3, п 12, с 52, л 30, м 6, СОЭ 39 мм/ч.

Общий анализ мочи: без особенностей.

**Задание:**

1. Укажите, есть ли у пациентки противопоказания для проведения нагрузочных тестов?

2. Если противопоказаний нет, выберите тесты для определения функционального состояния пациентки.

**Задача 2.** Пациентка С., 42 года, детский психолог.

*Клинический диагноз:* бронхиальная астма, смешанная форма, среднетяжелое персистирующее течение, обострение ДН1.

На момент обследования пациентка жалуется на кашель с трудноотделяемой слизистой мокротой по утрам, приступы удушья, преимущественно ночью, 4–5 раз в неделю, одышку при умеренной нагрузке. Болеет бронхиальной астмой пять лет.

При объективном исследовании  $t = 36,3$  °С, умеренный цианоз губ, кистей рук. Число дыхательных движений — 20 в мин. При перкуссии над легкими звук тимпанический. Дыхание жесткое, сухие рассеянные хрипы. Границы относительной сердечной тупости не смещены. Тоны сердца приглушены, ритм правильный. Пульс 88 уд./мин, АД 130/80 мм рт. ст.

Р-графия легких: инфильтративных теней не выявлено. Эмфизема, диффузный пневмосклероз.

Спирография: VC 79 %, проба Тиффно 85 %, FVC 70 %, FEV<sub>t</sub> 64 %, PEF 44 %, MEF<sub>75</sub> 59 %, MEF<sub>50</sub> 47 %, MEF<sub>25</sub> 39 %.

ЭКГ: ритм синусовый; признаки перегрузки правого желудочка.

Общий анализ крови и мочи: без особенностей.

**Задание:**

1. Укажите, есть ли у пациентки противопоказания для проведения нагрузочных тестов?
2. Если противопоказаний нет, выберите тесты для определения функционального состояния пациентки.

**Задача 3.** Пациент С., 48 лет, начальник лаборатории.

*Клинический диагноз:* ИБС: стенокардия напряжения II ФК. Атеросклероз коронарных артерий. Артериальная гипертензия II степени, риск 3. ХСН II ФК (Н1).

На момент обследования пациент предъявлял жалобы на давящие боли за грудиной, возникающие при ходьбе на расстояние до 500 м, купирующиеся приемом нитроглицерина, неиррадирующие, боли в области сердца после психоэмоционального перенапряжения, периодическую головную боль, головокружение, утомляемость, снижение трудоспособности. Отмечает повышение АД в течение 10 лет, боли в сердце появились около трех лет назад.

При объективном исследовании пациент повышенного питания. ИМТ — 32; отеков нет; число дыхательных движений — 12 в мин. Дыхание везикулярное, хрипов нет. Границы относительной сердечной тупости не смещены. Тоны сердца приглушенные, акцент второго тона над аортой, ритм правильный. Пульс 80 уд./мин, АД 170/95 мм рт. ст. Печень не пальпируется.

ЭКГ: признаки гипертрофии левого желудочка.

**Задание:**

1. Укажите, есть ли у пациента противопоказания для проведения нагрузочных тестов?
2. Если противопоказаний нет, выберите тесты для определения функционального состояния пациента.

**Задача 4.** Пациентка А., 57 лет, пенсионерка.

*Клинический диагноз:* ИБС: фибрилляция предсердий, перманентная форма. Атеросклероз коронарных артерий. Артериальная гипертензия II степени, риск 4. ХСН II ФК (Н1).

На момент обследования пациентка жалуется на одышку при умеренной физической нагрузке, сердцебиение, слабость, боли неопределенного характера в области сердца. Отмечает повышение АД в течение последних 10 лет. Постоянная форма мерцательной аритмии около года.

При объективном исследовании: кожные покровы обычной окраски, отеков нет, число дыхательных движений — 16 в мин. Дыхание везикулярное, хрипов нет. Границы относительной сердечной тупости: правая — в 4-м межреберье на 4 см от срединной линии, левая — в 5-м межреберье

по l. medioclavicularis, в 3-м межреберье граница сердца определяется на 2 см кнутри от l. medioclavicularis. Тоны сердца приглушены, акцент второго тона над аортой, ритм неправильный, ЧСС 99 уд./мин, пульс 93 уд./мин, АД 160/100 мм рт. ст. Печень — у края реберной дуги.

**Задание:**

1. Укажите, есть ли у пациентки противопоказания для проведения нагрузочных тестов?
2. Если противопоказаний нет, выберите тесты для определения функционального состояния пациентки.

**Задача 5.** Пациент В., 43 года, слесарь.

*Клинический диагноз:* ИБС: стабильная стенокардия напряжения, II ФК. Атеросклероз коронарных сосудов. Артериальная гипертензия II степени, риск 3. ХСН II ФК (Н1).

Физическая работоспособность в начале курса реабилитации — 75 Вт, в конце — 100 Вт.

**Задание:**

1. Оцените динамику функционального состояния пациента за время курса по результатам тестирования.

**Ответы:**

Задача 1: да.

Задача 2: нет; тесты с задержкой дыхания, тест 6-минутной ходьбы.

Задача 3: нет; PWCmax, определение МПК.

Задача 4: нет; тест 6-минутной ходьбы, тесты с задержкой дыхания.

Задача 5: положительная.

## ТЕСТЫ

### 1. Функциональные пробы позволяют оценить:

- а) состояние здоровья;
- б) уровень функциональных возможностей;
- в) психоэмоциональное состояние и физическое развитие.

### 2. К методам оценки физической работоспособности у больных ИБС относятся:

- а) проба Штанге и Генчи;
- б) тест индивидуальной ТФН (PWCmax);
- в) ортостатическая проба;
- г) стресс-эхокардиография с добутамином.

### 3. 6-минутный тест позволяет определить:

- а) физическую работоспособность;
- б) ТФН;

- в) уровень функциональных возможностей;
- г) ФК ХСН.

**4. Проба PWC170 (W170) означает:**

- а) работу с нагрузкой на велоэргометре;
- б) работу при нагрузке на ступеньке;
- в) работу, выполненную за 170 с;
- г) мощность нагрузки при ЧСС 170 уд./мин;
- д) мощность нагрузки на велоэргометре.

**5. К необходимым показателям для расчета МПК (л/мин) непрямым методом после велоэргометрии относятся:**

- а) мощность первой нагрузки в кГм/мин и ЧСС;
- б) мощность второй нагрузки в кГм/мин и ЧСС;
- в) ЧСС до нагрузки и мощность второй нагрузки в кГм/мин;
- г) максимальная ЧСС и максимальная мощность велоэргометрической нагрузки.

**6. Клиническими критериями прекращения пробы с физической нагрузкой являются:**

- а) достижение максимально допустимой ЧСС;
- б) приступ стенокардии;
- в) падение систолического АД или его повышение более 220 мм рт. ст.;
- г) выраженная одышка;
- д) все вышеперечисленное.

**7. ЭКГ-критериями прекращения пробы с физической нагрузкой являются:**

- а) снижение сегмента ST;
- б) частая экстрасистолия, пароксизмальная тахикардия, мерцательная аритмия;
- в) атриовентрикулярная и внутрижелудочковая блокада;
- г) выраженное учащение пульса;
- д) все вышеперечисленное.

**8. Субъективными критериями прекращения пробы с физической нагрузкой являются:**

- а) достижение субмаксимальной ЧСС, головокружение, головная боль, приступ стенокардии, отказ от дальнейшего выполнения пробы, слабость;
- б) головокружение, головная боль, приступ стенокардии, отказ от дальнейшего выполнения пробы, слабость;
- в) достижение субмаксимальной ЧСС, головокружение, головная боль, приступ стенокардии, слабость.

**9. К рациональному типу реакции на физическую нагрузку относится:**

- а) гипотонический;
- б) гипертонический;

- в) ступенчатый;
- г) нормотонический;
- д) дистонический.

**10. Нормотонический тип реакции на стандартную физическую нагрузку характеризуется:**

а) увеличением ЧСС на 80–100 % от исходного, повышением систолического АД более 150 % от исходного, повышением диастолического АД, повышением пульсового давления;

б) увеличением ЧСС на 100–150 % от исходного, незначительным повышением систолического АД, незначительным изменением диастолического АД и пульсового давления;

в) увеличением ЧСС на 100–150 % от исходного, повышением систолического АД, снижением диастолического АД вплоть до появления бесконечного тона;

г) увеличением ЧСС на 50–80 % от исходного, повышением систолического АД до 150 % от исходного, незначительным изменением диастолического АД, повышением пульсового давления.

**11. Гипертонический тип реакции на стандартную физическую нагрузку характеризуется:**

а) увеличением ЧСС на 50–80 % от исходного, повышением систолического АД до 150 % от исходного, незначительным изменением диастолического АД, увеличением пульсового давления;

б) увеличением ЧСС на 80–100 % от исходного, повышением систолического АД более 150 % от исходного, повышением диастолического АД, увеличением пульсового давления;

в) увеличением ЧСС на 100–150 % от исходного, незначительным повышением систолического АД, незначительным изменением диастолического АД и пульсового давления;

г) увеличением ЧСС на 100–150 % от исходного, повышением систолического АД, снижением диастолического АД вплоть до появления бесконечного тона.

**12. Гипотонический тип реакции на стандартную физическую нагрузку характеризуется:**

а) увеличением ЧСС на 80–100 % от исходного, повышением систолического АД более 150 % от исходного, повышением диастолического АД, увеличением пульсового давления;

б) увеличением ЧСС на 100–150 % от исходного, незначительным повышением систолического АД, незначительным изменением диастолического АД и пульсового давления;

в) увеличением ЧСС на 100–150 % от исходного, повышением систолического АД, снижением диастолического АД вплоть до появления бесконечного тона;



г) увеличением ЧСС на 50–80 % от исходного, повышением систолического АД до 150 % от исходного, незначительным изменением диастолического АД, увеличением пульсового давления.

**13. Дистонический тип реакции на стандартную физическую нагрузку характеризуется:**

а) увеличением ЧСС на 80–100 % от исходного, повышением систолического АД более 150 % от исходного, повышением диастолического АД, увеличением пульсового давления;

б) увеличением ЧСС на 100–150 % от исходного, незначительным повышением систолического АД, незначительным изменением диастолического АД и пульсового давления;

в) увеличением ЧСС на 100–150 % от исходного, повышением систолического АД, снижением диастолического АД вплоть до появления бесконечного тона;

г) увеличением ЧСС на 50–80 % от исходного, повышением систолического АД до 150 % от исходного, незначительным изменением диастолического АД, увеличением пульсового давления.

**Ответы: 1 — б; 2 — б; 3 — г; 4 — г; 5 — г; 6 — д; 7 — д; 8 — б; 9 — г; 10 — г; 11 — б; 12 — б; 13 — в.**

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аксельрод, А. С.* Нагрузочные ЭКГ-тесты : 10 шагов к практике / А. С. Аксельрод, Ч. П. Шомахидзе, А. Л. Сыркин. Москва : МЕДпресс-информ, 2011. 208 с.
2. *Аронов, Д. М.* Функциональные пробы в кардиологии / Д. М. Аронов, В. П. Лупанов. Москва : МЕДпресс-информ, 2007. 326 с.
3. *Спирометрия* сегодня : как использовать новые возможности и избежать старых ошибок / Е. И. Давидовская [и др.] // Медицина. Ч 2. Бронхомоторные тесты. 2008. № 4. С. 94–97.
4. *Реабилитация* при заболеваниях сердечно-сосудистой системы / под ред. И. Н. Макаровой. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2010. С. 23–24.

## ОГЛ        НИЕ

Список сокращений.....	3
Мотивационная характеристика темы.....	3
Классификация функциональных проб.....	5
Обеспечение безопасности нагрузочных проб.....	7
Тест электрокардиографической индивидуальной толерантности пациентов к физической нагрузке (PWCmax) .....	8
Тредмил-тест .....	11
Спироэргометрия .....	13
Тест 6-минутной ходьбы.....	16
Проба с изометрической нагрузкой.....	16
Проба с чреспищеводной электрической стимуляцией предсердий .....	17
Стресс-ЭхоКГ (тредмил, велоэргометрия) .....	19
Тесты с задержкой дыхания .....	19
Проба с психоэмоциональным напряжением.....	20
Фармакологические пробы.....	20
Бронхопровокационные тесты .....	23
Бронхопровокационные тесты с физической нагрузкой.....	24
Ортостатическая проба .....	25
Тестирование ежедневной деятельности .....	25
Самоконтроль усвоения темы .....	27
Ситуационные задачи .....	27
Тесты.....	30
Список использованной литературы .....	34

Учебн ́е издание

**Каленчиц** Тамара Ивановна  
**Рысеев** Елена Владимировна  
**Антонович** Жанна Владимировна

## **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПРОБЫ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск В. Г. Крючок  
Корректор А. В. Лесив  
Компьютерная верстка С. Г. Михейчик

Подписано в печать 29.01.18. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».  
Ризография. Гарнитура «Times».  
Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,6. Тираж 80 экз. Заказ 90.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный медицинский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.  
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.