ТАВРОВСКАЯ Т.В.

ВЕЛОЭРГОМЕТРИЯ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВРАЧЕЙ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 2007

Тавровская Т.В.

ВЕЛОЭРГОМЕТРИЯ

Пособие для врачей

Санкт-Петербург, 2007

Тавровская Татьяна Владимировна, кандидат медицинских наук, кардиолог высшей категории.

Велоэргометрия. Практическое пособие для врачей

В книге отражен опыт практической работы автора, представлены научные и практические материалы по применению нагрузочных проб в отечественной и зарубежной медицине.

Пособие предназначено для врачей функциональной диагностики, кардиологов, терапевтов, спортивных врачей.

МУЗ «Городская больница №1» г. Барнаула

Кафедра факультетской терапии Алтайского Государственного Медицинского Университета

Клиническая больница №122 Санкт-Петербурга

Научно-производственное предприятие «Нео»

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ [53, 57, 83] 4

1.1. Типы нагрузок 4
1.2. Максимальное потребление кислорода 4
1.3. Потребление кислорода миокардом 5
1.4. Реакция сердечно-сосудистой системы на динамическую нагрузку 5

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТА [53, 57, 83, 94] 9

2.1. Роль врача 9
2.2. Требования к помещению 10
2.3. Подготовка пациента к проведению теста 11
2.4. Запись ЭКГ 12
2.5. Контроль артериального давления 13
2.6. Оборудование и протоколы 14
2.7. Субмаксимальное и максимальное тестирование 19
2.8. Оценка интенсивности нагрузки 20
2.9. Критерии прекращения нагрузки [57] 21
2.10. Восстановительный период 22

3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ [53, 57] 24

3.1. Симптомы 24
3.2. Внешний вид пациента 24
3.3. Медицинский осмотр 24
3.4. Оценка функциональных возможностей 24
3.5. Гемодинамические реакции на нагрузку 25
3.6. Изменения ЭКГ при нагрузке 26

4. ДИАГНОСТИКА ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТА [56, 57, 60] 30

4.1. Показания к проведению диагностического теста 30
4.2. Обоснование проведения диагностического теста 30
4.3. Предтестовая вероятность ИБС 31
4.4. Посттестовая вероятность ИБС 31
4.5. Чувствительность, специфичность и предсказательная ценность 31
4.6. Влияние медикаментов на интерпретацию результатов теста 32
4.7. Влияние исходных изменений ЭКГ на интерпретацию результатов 33

5. ОЦЕНКА РИСКА И ПРОГНОЗА У ЛИЦ С СИМПТОМАМИ ИЛИ УСТАНОВЛЕННОЙ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА [39, 45, 51, 56, 57, 86, 88] 35

5.1. Показания к проведению теста у пациентов с симптомами или установленной ИБС 35
5.2. Риск-стратификация: основные соображения 35
5.3. Прогноз при ИБС: основные соображения 36
5.4. Риск-стратификация по результатам нагрузочного теста 37
5.5. Тестирование пациентов с хронической и вероятной ИБС 38
5.6. Безболевая ишемия миокарда 41
5.7. Коррекция лечения по результатам нагрузочного теста 42
5.8. Тестирование пациентов с нестабильной стенокардией 42
5.9. Тестирование пациентов с острым инфарктом миокарда 43
5.10. Реваскуляризация и нагрузочное тестирование 47

6. ОСОБЕННОСТИ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В ОТДЕЛЬНЫХ ГРУППАХ ОБСЛЕДУЕМЫХ (46, 53, 57) ... 50

6.1. Тестирование у женщин 50
6.2. Диагностика ИБС и прогноз у пожилых пациентов 51
6.3. Артериальная гипертензия 52
6.4. Сахарный диабет 52
6.5. Кардиомиопатии 53

6.6. Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) ... 53
6.7. Предоперационная риск-стратификация перед некардиальной хирургией ... 54

7. НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ У ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ РИТМА [46, 54, 57] ... 55

7.1. Показания к проведению нагрузочного теста ... 55
7.2. Нагрузочное тестирование и аритмии (общие положения) ... 55
7.3. Обследование пациентов, у которых установлено (или вероятно) провоцирование аритмии физической нагрузкой ... 56
7.4. Пациенты с кардиостимуляторами и имплантированными кардиовертерами-дефибрилляторами ... 60

8. НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ПРИ КЛАПАННЫХ ПОРОКАХ СЕРДЦА [46, 57] ... 61

8.1. Показания к проведению теста ... 61
8.2. Целесообразность нагрузочного тестирования у пациентов с клапанными пороками ... 61
8.3. Аортальный стеноз ... 61
8.4. Митральный стеноз ... 62
8.5. Аортальная регургитация ... 62
8.6. Митральная регургитация ... 62

9. НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ У АСИМПТОМНЫХ ЛИЦ [46, 57] ... 63

9.1. Показания к проведению теста ... 63
9.2. Общие положения ... 63
9.3. Диагностические возможности ... 64
9.4. Оценка прогноза ... 64
9.5. Кого тестировать? ... 65
9.6. Значение для клинической практики ... 67

10. ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ (MAXIMAL WORK CAPACITY) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЕЛОЭРГОМЕТРИИ ... 68

11. НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ [54, 94] ... 71

11.1. Показания к проведению теста ... 71
11.2. Особенности нагрузочного тестирования у детей и подростков в сравнении со взрослыми ... 72
11.3. Оценка интенсивности нагрузки (шкала Борга) ... 72
11.4. Оценка реакции ЧСС на нагрузку ... 72
11.5. Реакция АД на нагрузку ... 73
11.6. Электрокардиографические изменения ... 73
11.7. Потребление кислорода, анаэробный порог, оксиметрия ... 73
11.8. Протоколы ... 74
11.9. Оценка физической работоспособности ... 75
11.10. Тестирование детей и подростков с сердечно-сосудистыми проблемами и врожденными пороками [54] ... 75

12. ФОРМИРОВАНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТА [46, 83] ... 81

12.1. Общая оценка теста ... 82
12.2. Оценка реакции ЧССи АД на нагрузку ... 83
12.3. Уровень функциональных возможностей ... 83
12.4. Рекомендации о дальнейшем обследовании и/или лечении ... 84
12.5. Заключение о прогнозе ... 84

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ... 86

ПРИЛОЖЕНИЯ ... 87

Общие правила проведения ВЭМ, регистрации АД, ЧСС, ЭКГ ... 87
Информированное согласие пациента на проведение нагрузочного теста ... 89

ТАБЛИЦЫ ... 90

ИЛЛЮСТРАЦИИ ... 116

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ... 127

ВВЕДЕНИЕ

Цель настоящего пособия – предоставить заинтересованному читателю современные представления о велоэргометрии с позиций медицины, основанной на доказательствах. В его основу положены зарубежные руководства 1986-2006 гг., затрагивающие вопросы нагрузочного тестирования. Дискуссионные положения, касающиеся терминологии, методологии проведения и интерпретации результатов велоэргометрии, изложены с учетом мнения авторов отечественных монографий и собственного опыта. Основной текст является компиляцией переводов зарубежных руководств, ссылки на которые делаются в начале разделов. Мнение отдельных авторов представлено абзацами со ссылками на конкретные источники по ходу изложения.

Оценка показаний к проведению нагрузочного теста в разных группах обследуемых изложена с позиций международных руководств, классифицирующих любые рекомендуемые методы обследования или лечения на 3 класса:

I класс – рекомендуемый метод у данной категории лиц является полезным и эффективным.

II класс – существуют противоречивые данные о пользе/эффективности рекомендуемого метода у данной категории лиц, при этом:

IIA класс – больше данных о пользе/эффективности рекомендуемого метода.

IIB класс – меньше данных о пользе/эффективности рекомендуемого метода.

III класс – существующие данные свидетельствуют о бесполезности и возможной опасности рекомендуемого метода у данной категории лиц.

Обоснованность каждого из указанных классов делится на 3 уровня:

Уровень доказательности **A** (высокий) – рекомендации основаны на результатах многочисленных рандомизированных многоцентровых клинических исследований, включающих большое количество обследуемых.

Уровень доказательности **B** (средний) – рекомендации основаны на результатах ограниченного количества рандомизированных исследований, включающих небольшое количество обследуемых или базируются на тщательном анализе нерандомизированных исследований и наблюдательных регистров.

Уровень доказательности **C** (низкий) – рекомендации основаны на согласованном мнении специалистов.

В настоящем пособии не описываются: методология проведения велоэргометрии с газоанализом, велоэргометрия с использованием стресс-визуализирующих методик; велоэргометрия в спортивной медицине, в тренирующих и реабилитационных программах, а также – при стенозирующем атеросклерозе артерий нижних конечностей у взрослых лиц.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ [53, 57, 83]

Физическая нагрузка является идеальным и наиболее физиологичным видом провокации, позволяющим оценить полноценность компенсаторно-приспособительных механизмов организма, а при наличии явной или скрытой патологии – степень функциональной неполноценности кардиореспираторной системы [9, 46].

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

1.2. Максимальное потребление кислорода

При динамической нагрузке потребление кислорода легкими быстро повышается. После второй минуты каждой ступени нагрузки потребление кислорода обычно принимает стабильный характер (steady state). 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 (MET) – это потребляемое организмом количество кислорода в состоянии покоя, равное 3,5 мл O_2 на 1 кг массы тела в минуту (мл × кг$^{-1}$ × мин$^{-1}$). В действительности, каждый человек в состоянии покоя потребляет в минуту индивидуальное количество O_2, так что MET является усредненной величиной. МПК зависит от возраста, пола, массы тела, уровня тренированности, наследственности, исходного состояния сердечно-сосудистой системы.

Возраст: максимальное количество кислорода потребляется в возрасте 15-30 лет, прогрессивно уменьшаясь с возрастом. К 60-ти годам средние цифры МПК у мужчин составляют ¾ от МПК в возрасте 20 лет. При сидячем образе жизни МПК каждые 10 лет сокращается на 9%, при активном образе жизни – на 5%.

Пол: в возрасте 12-16 лет нет существенной разницы в МПК между детьми разного пола, но все-таки среди девочек в возрасте 12-14 лет МПК несколько снижено в сравнении с мальчиками. Меньшее МПК среди женщин связано с их меньшей мышечной массой, меньшим количеством гемоглобина и объемом крови, меньшим ударным объемом в сравнении с мужчинами.

Масса тела: выявлена очень тесная зависимость МПК от массы тела, поэтому сравнивать МПК у разных лиц необходимо с учетом этой зависимости [18] и выражать не в абсолютных (л × мин$^{-1}$), а в относительных величинах (мл × кг$^{-1}$ × мин$^{-1}$).

Уровень физической подготовки: физическая активность существенно влияет на МПК. После 3-х недель постельного режима МПК снижается у здоровых мужчин на 25%. У умеренно активных молодых мужчин МПК приблизительно равно 12 МЕТ, достигая при индивидуальных занятиях физическими нагрузками (такими, как бег) 18-24 МЕТ (60-85 мл × кг$^{-1}$ × мин$^{-1}$).

При одинаковой ЧСС потребление кислорода у мужчин выше, чем у женщин, у физически подготовленных людей выше, чем у людей малоподвижного образа жизни [10].

Наследственность: Существуют естественные отличия МПК в зависимости от генетических факторов.

Исходное состояние сердечно-сосудистой системы: МПК зависит от выраженности нарушений, причиненных болезнью.

Значения МЕТ в зависимости от клинического состояния, а также – нормальные величины МПК у лиц разного пола и возраста указаны в таблицах 1 и 2 (на стр. 90). Номограмма, представленная на рисунке 1 (на стр. 116), показывает общее представление о МЕТ, соответствующих определенному возрасту, при этом 100% – является нормой.

МПК эквивалентно максимальному МОК, умноженному на максимальную артериовенозную разницу по кислороду. Поскольку МОК находится в прямой зависимости от ударного объема и ЧСС, потребление кислорода прямо связано с ЧСС. При максимальных нагрузках артериовенозная разница по кислороду не превышает 15-17 объемных %, следовательно, МПК является неинвазивным методом оценки МОК.

Следует учитывать, что МПК, достигаемое обследуемым при проведении нагрузки на тредмиле, на 5-20% выше, чем при ВЭМ [9, 21, 53]. Н.М. Амосов и Я.А. Бендет [1] приводят данные N. Fortin и J. Weiss о том, что МПК при тестировании на тредмиле приблизительно на 10% выше, чем при обследовании на велоэргометре. V.J. Leibetseder [72] цитирует K. Wassermann с соавторами, которые описывают, что МПК при проведении тредмил-теста на 7% больше, чем при ВЭМ. По данным D.N. Proctor и соавт. [84], как у молодых, так и у пожилых тренированных лиц величина МПК при проведении тредмила на 9-13% выше, чем при ВЭМ-тесте.

1.3. Потребление кислорода миокардом

Потребление кислорода миокардом (MO_2) определяется мышечным напряжением стенки сердца, его сократительной способностью и частотой сердечных сокращений. Точное измерение MO_2 требует сердечной катетеризации. Во время физической нагрузки MO_2 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_2 и коронарным кровообращением. Во время физической нагрузки коронарное кровообращение увеличивается пятикратно в сравнении с его величиной в состоянии покоя. Лица со стенозирующим поражением коронарных сосудов часто не могут поддержать требуемый коронарный кровоток в соответствии со степенью увеличения метаболических требований миокарда во время нагрузки и, как следствие, происходит развитие миокардиальной ишемии.

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_2) и потребность миокарда в кислороде (MO_2) имеют четкие детерминанты и методы измерения и оценки (Таблица 3 на стр. 91). Хотя они тесно взаимосвязаны, это отношение может изменяться в процессе тренирующих нагрузок, а также – вследствие приема медикаментов (например, β-блокаторов).

1.4. Реакция сердечно-сосудистой системы на динамическую нагрузку

Ответ организма на физическую нагрузку состоит из сложной серии сердечно-сосудистых реакций, в результате которых, во-первых, активная мускулатура обеспечивается необходимым количеством крови соответственно возрастающим метаболическим потребностям; во-вторых, происходит

распределение энергии, полученной в результате мышечной работы; в третьих, поддерживается адекватный мозговой и коронарный кровоток.

По мере того, как МОК в процессе нагрузки увеличивается, в работающих мышцах периферическое сопротивление уменьшается, а в тех органах и тканях, которые не функционируют во время нагрузки, периферическое сопротивление повышается. Значительное увеличение кровотока при умеренном повышении АД приводит к снижению системного сосудистого сопротивления.

1.4.1. Реакция ЧСС на нагрузку

Немедленным ответом сердечно-сосудистой системы на нагрузку является учащение ЧСС из-за уменьшения воздействия на блуждающий нерв и усиления симпатических воздействий на сердце и сосуды. Во время физической нагрузки ЧСС увеличивается линейно с нагрузкой и потреблением кислорода. При низких нагрузках и при постоянном уровне работы ЧСС достигает устойчивого состояния в пределах нескольких минут. По мере того, как нагрузка увеличивается, время, необходимое для стабилизации ЧСС, прогрессивно удлиняется.

Линейная взаимосвязь между ЧСС и интенсивностью нагрузки наблюдается при мощности нагрузки, соответствующей 50-90% от МПК. При нагрузках средней интенсивности начальный прирост ЧСС может быть несколько более выраженным. Стабилизация пульса у нетренированных лиц наблюдается при нагрузках, при которых ЧСС не превышает так называемую границу выносливости – 130 уд/мин. При более тяжелой работе пульс все время продолжает учащаться [10].

У молодых людей взаимосвязь между мощностью нагрузки и ЧСС является линейной в зоне от 95-105 до 170 уд/мин. При меньших и больших значениях ЧСС линейность этой взаимосвязи нарушается. В зоне нагрузок умеренной, средней и большой мощности у здоровых лиц разного возраста взаимосвязь между ЧСС и интенсивностью нагрузки удовлетворительно аппроксимируется следующими уравнениями [18]:

для мужчин: ЧСС= 0,1 × нагрузка (кгм) + 68 (±15 уд/мин),
для женщин: ЧСС= 0,13 × нагрузка (кгм) + 81,5 (±15 уд/мин).

В таблице 4.1. (на стр. 91) указаны возрастные значения ЧСС исходно нормотензивных мужчин на разных уровнях субмаксимальной нагрузки при непрерывно-возрастающем протоколе «рэмп» на велоэргометре.

Разность между максимально достигнутой и исходной ЧСС (хронотропный резерв сердца) у условно здоровых лиц в среднем составляет 85-90 уд/минуту, при ИБС его величина снижается до 60-65 уд/минуту [21].

На величину ЧСС во время нагрузки влияют различные показатели, включая возраст. Средние цифры максимальной ЧСС уменьшаются с возрастом, что обусловлено вегетативными влияниями.

Динамические нагрузки увеличивают ЧСС в большей степени, чем изометрические нагрузки или нагрузки, направленные на преодоление сопротивления. Выраженная реакция ЧСС на нагрузку наблюдается после предшествующего постельного режима. Другие показатели, которые влияют на ЧСС, это – положение тела при выполнении нагрузки, уровень тренированности, состояние здоровья, объем крови и окружающая среда.

У пациентов, не приспособленных к выполнению нагрузки, в первые 30-60 секунд возможно чрезмерное повышение систолического АД и учащение ЧСС, которые в последующем стабилизируются. Кроме того, неадекватное учащение ЧСС на низких мощностях нагрузки может отмечаться у нетренированных лиц, пациентов с фибрилляцией предсердий, гиповолемией, анемией, у лиц с ограниченной функцией левого желудочка.

У пациентов, не способных к учащению ЧСС при возрастающих нагрузках, отмечается более неблагоприятный прогноз.

Так, французские ученые во главе с д-ром Xavier Jouven (Клиника Hopital Europeen Georges Pompidou, Париж) обследовали 5713 относительно здоровых мужчин, которым в 1967-72 гг. проводились пробы с дозированной физической нагрузкой, после чего наблюдение продолжалось в среднем 23 года. За этот срок умер 81 участник. Риск внезапной смерти был достоверно выше у мужчин с исходно высокой частотой сердечных сокращений (ЧСС) – более 75 уд/мин (относительный риск, ОР, 3.92), а также при недостаточном приросте ЧСС на фоне нагрузки –

менее 89 уд/мин (ОР 6.18) и при замедленной нормализации ЧСС после прекращения нагрузки – замедление менее чем на 25 уд/мин (ОР 2.20). После поправки на различные вмешивающиеся факторы оказалось, что связь всех этих трех признаков с риском внезапной смерти сохранила статистическую достоверность [64].

Заключение о хронотропной некомпетентности (неспособность достигнуть 85% от расчетной возрастной максимальной ЧСС) не должно использоваться для оценки прогноза лиц, которым тест проведен на фоне приема ß-блокаторов.

Ключевой момент: ответ ЧСС на максимальную нагрузку у лиц разного пола, возраста, различного уровня физической подготовки характеризуется значительными индивидуальными колебаниями. ЧСС зависит от множества факторов, особенно возраста и состояния здоровья. Линейность взаимосвязи между ЧСС и интенсивностью нагрузки наблюдается в диапазоне нагрузок средней интенсивности. Максимальная ЧСС каждые 10 лет уменьшается в среднем на 5 – 7 ударов/ минуту.

1.4.2. Реакция АД на нагрузку

Систолическое давление повышается соотвественно возрастающей динамической работе (как результат повышения МОК), при этом диастолическое давление остается на том же уровне, а у части здоровых лиц может снижаться до нуля.

При нагрузке одинаковой мощности работа руками (ручная велоэргометрия) вызывает более выраженное повышение АД, чем ножная велоэргометрия.

При одинаковой мощности нагрузки достигнутое систолическое АД у женщин выше, чем у мужчин. При одной и той же ЧСС у лиц более старшего возраста систолическое АД выше, чем у более молодых, а у женщин – ниже, чем у мужчин того же возраста [18]. Взаимосвязь между систолическим АД и ЧСС во время мышечной работы у лиц разного пола и возраста представлена в таблице 5 (на стр. 92).

Нормальным ответом систолического АД на нагрузку (на тредмиле) считается его повышение соответственно возрастающей нагрузке с пиковыми значениями от 160 до 200 мм рт. ст. Темнокожие лица имеют более высокие уровни систолического АД при нагрузке, чем белые [46].

Разница между максимально достигнутым и исходным систолическим АД (инотропный резерв сердца) у практически здоровых мужчин среднего возраста составляет 70-75 мм рт.ст., у лиц с ИБС его значения уменьшаются до 50-60 мм рт.ст. [21].

Физиологические ответы АД и ЧСС при проведении субмаксимального и максимального теста на тредмиле, вычисленные на основании проведения тестов с нагрузкой у более чем 700 предположительно здоровых мужчин в возрасте 25 – 54 лет, представлены на рисунке 2 (на стр. 117). Колебания уровней максимального ДП у них составили: от 250 до 400 (в 10-й и 90-й процентили соответственно).

Наши данные, анализирующие аналогичный интердецильный размах АД, ДП и прироста АД и ЧСС в процессе нагрузки (центральные 80% наблюдений между 10 и 90 процентилями) при ретроспективном анализе максимальных и субмаксимальных ВЭМ (при непрерывно-возрастающем протоколе нагрузки с продолжительностью одной ступени 3 минуты) у 660 лиц, не имеющих на момент обследования установленных болезней сердца, представлены в таблице 7 (на стр. 93).

В таблице 4 (на стр. 91) представлена динамика АД и ЧСС в зависимости от мощности нагрузки у нормотензивных (не имеющих на момент обследования заболеваний сердечно-сосудистой системы, почек и диабета) мужчин в возрасте от 20 до 59 лет при непрерывно-возрастающем протоколе “рэмп” (с/по 12,5 Вт ежеминутно – до изнеможения) на велоэргометре [77].

У исходно нормотензивных пациентов избыточность повышения систолического и диастолического АД на нагрузку (рис. 3), систолическое АД > 214 мм рт.ст. на пике нагрузки (при нагрузке на тредмиле), а также повышение систолического АД или диастолического АД к 3-й минуте восстановительного периода ассоциируется со значимым увеличением риска развития артериальной гипертензии в ближайшие 4-8 лет.

Зависимость систолического АД от мощности нагрузки у лиц разного возраста и пола по данным В.Л. Карпмана и соавт. [18] представлена в таблице 6 (на стр. 92).

Считается, что величина достигнутого систолического АД при максимальной нагрузке прямо связана с возрастом [18, 46, 53, 77]. Так, при ретроспективном анализе максимальных тредмил-тестов, проведенных по стандартному протоколу Bruce (более 10 тыс.тестов, 77% – у мужчин) 90-я процентиль максимального систолического АД у мужчин в возрасте 20-29 лет и 70-79 лет составила 210 и 234 мм рт.ст. соответственно, у женщин аналогичного возраста – 180 и 220 мм рт.ст. [48].

По нашим данным, эта взаимосвязь отмечалась у женщин ($r = 0,46$ и $0,33$ при $p<0,05$ при субмаксимальных и максимальных тестах соответственно), в то время как у мужчин она отсутствовала ($r = 0,05$ и $r = –0,03$ при $p>0,05$ при субмаксимальных и максимальных ВЭМ соответственно). Возможно, отсутствие взаимосвязи между возрастом и максимально достигнутым систолическим АД у мужчин в нашем анализе связано с небольшим количеством ВЭМ, проведенных у предположительно здоровых мужчин 60 лет и старше (3% от обследованных мужчин).

В отличие от N. Miyai и соавт. [77], которые не выявили корреляции между индексом массы тела (ИМТ=кг/м^2) и уровнем АД при нагрузке, по нашим данным, как у мужчин, так и у женщин, уровень достигнутого систолического АД имел положительную взаимосвязь с ИМТ: при субмаксимальных ВЭМ у мужчин $r = 0,22$, у женщин $r = 0,53$; при максимальных ВЭМ у мужчин $r = 0,25$; у женщин $r = 0,53$ (во всех случаях $p<0,05$). Возможно, выявленные противоречия обусловлены тем, что мужчины в нашем и указанном зарубежном анализе немного отличались: (M±SD) ИМТ 25,9±4,4 и 23,1±2,7; возраст 37,8±12,2 и 42,9±8,5 лет соответственно.

Патологическим ответом систолического АД на нагрузку считается 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. Это может произойти из-за обструкции выходного тракта, дисфункции левого желудочка, или миокардиальной ишемии, а также может быть следствием снижения системного сосудистого сопротивления. Частота нагрузочной гипотензии составляет 3-9% и чаще встречается у пациентов с серьезными заболеваниями сердца, например, при трехсосудистом поражении коронарных сосудов или при стенозе ствола левой коронарной артерии. Помимо ИБС, причиной нагрузочной гипотензии могут быть такие заболевания и состояния, как кардиомиопатии, аритмии, любая обструкция выходного отдела левого желудочка, вазо-вагальные реакции, прием гипотензивных препаратов, гиповолемия и тяжелая длительная нагрузка. Снижение систолического давления ниже преднагрузочного уровня должно являться причиной беспокойства врача, как в момент проведения теста, так и учитываться им при последующем амбулаторном наблюдении.

После максимального теста обычно наблюдается снижение систолического АД, которое возвращается к нормальному уровню в течение первых 6 минут отдыха, а в последующие несколько часов может оставаться ниже преднагрузочного уровня. У некоторых пациентов с коронарной болезнью сердца (ИБС) в период восстановления наблюдаются значения систолического АД, превышающие величины, достигнутые на максимуме нагрузки.

Когда нагрузка прекращается внезапно, у части здоровых лиц наблюдается резкое падение систолического АД из-за уменьшения венозного возврата. В редких случаях у молодых лиц сразу после максимального теста может развиться ваговазальный обморок, сопровождающийся нарастающей синусовой брадикардией, кратковременной асистолией и гипотензией с последующим восстановлением синусового ритма.

Случаи постнагрузочной гипотензии при обследовании 781 асимптомных лиц чаще встречались у более молодых обследуемых (3,1% в возрасте младше 55 лет против 0,3% – у лиц старше 55 лет), при этом только у двух она ассоциировалась с брадикардией и вагусными симптомами. Хотя у ⅓ лиц с постнагрузочной гипотензией она сопровождалась ишемическим смещением сегмента ST, ни у одного в ближайшие 4 года наблюдения не было зарегистрировано неблагоприятных кардиальных событий [46].

Патологический гипертензивный ответ АД на нагрузку у пациентов с высокой вероятностью ИБС ассоциируется с более выраженной ИБС и более выраженными нарушениями миокардиальной перфузии. Иногда выраженная гипертензивная реакция может быть причиной появления при нагрузке зон патологического движения стенок левого желудочка при отсутствии ИБС.

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТА [53, 57, 83, 94]

2.1. Роль врача

Нагрузочное тестирование считается в целом безопасной процедурой. Смертность при проведении проб с нагрузкой у пациентов без ИБС составляет около 1 на 10000 исследований (против 1 на 1000 при катетеризации сердца и коронарной ангиографии), а общее число осложнений (как фатальных, так и нефатальных) по данным разных авторов – от 2 до 5 на 10000 проб [9, 83]. При этом вероятность возникновения этих осложнений зависит от контингента обследуемых: например, относительный риск неблагоприятных событий при проведении теста в сравнении с привычной двигательной активностью у пациентов с ИБС оценивается как 60-100-кратный; наиболее высок риск осложнений у пациентов со значимыми желудочковыми аритмиями (23 на 10000 тестов) и перенесших инфаркт миокарда [53, 83].

Исследование должно проводиться только хорошо подготовленным персоналом, обладающим знанием физиологических процессов, происходящих при физической нагрузке и способным оказать экстренную сердечно-легочную реанимацию. Только специалисты, знакомые с нормальными и патологическими ответами на нагрузку могут распознать или предупредить развитие неблагоприятных событий. Необходимую квалификацию и допуск к самостоятельной работе можно получить только после 2 месяцев работы в хорошо оснащенной лаборатории нагрузочного тестирования под наблюдением квалифицированного специалиста или после проведения не менее 200 тестов [42].

Место проведения нагрузочных проб должно быть оснащено соответствующим оборудованием и медикаментами (Приложение 1).

Решение о проведении нагрузочной пробы должно быть принято после оценки показаний и противопоказаний к проведению пробы.

2.1.1. Абсолютные противопоказания к проведению нагрузочного теста

- острый инфаркт миокарда в первые 2 суток
- нестабильная стенокардия с высоким риском развития инфаркта миокарда (Таблица 24)
- неконтролируемая сердечная аритмия, сопровождающаяся симптомами или гемодинамическими нарушениями
- симптомный тяжелый аортальный стеноз
- неконтролируемая симптомная сердечная недостаточность
- острая легочная эмболия или инфаркт легких
- острый миокардит и перикардит
- острое расслоение аорты

2.1.2. Относительные противопоказания

(не учитываются в случаях, когда предполагаемая польза от планируемого исследования превышает его риск):

- стеноз ствола левой коронарной артерии
- умеренные клапанные стенозы
- электролитные нарушения
- тяжелая артериальная гипертензия (систолическое АД > 200 мм рт.ст. и/или диастолическое АД > 110 мм рт.ст.)
- тахиаритмии или брадиаритмии
- гипертрофическая кардиомиопатия или другие болезни с обструкцией выходного тракта левого желудочка
- психическая или физическая неполноценность, ведущая к невозможности адекватного проведения нагрузки и ее оценки
- высокая степень атрио-вентрикулярной блокады

К противопоказаниям отечественные авторы также относят: миопию высокой степени, склонность к обморочным состояниям, тромбофлебит и варикозное расширение вен, лихорадочные состояния [9], политопную экстрасистолию, некомпенсированные диабет и тиреотоксикоз [20].

Кроме того, в отечественных изданиях отдельно выделяются противопоказания для максимального и субмаксимального тестирования [9], однако это вряд ли обосновано, так как первоначально планируемый субмаксимальный тест в процессе проведения нагрузки у конкретного пациента может оказаться максимальным (симптом-ограниченным) [21, 32].

Показания к нагрузочному тестированию у пациентов конкретных диагностических групп описаны ниже в соответствующих разделах.

Как и при любой другой процедуре, связанной с риском осложнений, врач должно быть уверенным, что обследуемый понимает ситуацию и признает возможность риска планируемого исследования. Некоторые врачи думают, что информирование пациентов о возможных осложнениях при проведении пробы может вызвать озабоченность обследуемого и отказ от проведения теста. Эта возможность и то, что подписанная форма согласия не защищает врача от юридического воздействия, приводит к уменьшению настойчивых требований врача в получении письменного согласия обследуемого на проведение пробы. Тем не менее, если согласие пациента первоначально не получено, врач может быть признан ответственным за развитие неблагоприятных событий, даже если тест будет тщательно выполнен. В таких случаях пациент может аргументировать тем, что он или она не согласились бы на проведение процедуры, будучи осведомленными о возможном риске, связанным с проведением пробы. Хороший контакт между врачом и пациентом, информированность пациента о целях, пользе и возможных осложнениях нагрузочного теста являются обязательными. Вариант текста информированного согласия приведен в Приложении 2.

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 [83].

2.2. Требования к помещению

Комната, где проводится нагрузочное тестирование, должна быть достаточно просторной, чтобы в ней могло свободно разместиться необходимое оборудование, включая кушетку, приборы неотложной помощи и дефибриллятор, а также – свободное место, где при необходимости можно разместить пациента при оказании ему неотложной помощи. Рекомендуемая площадь помещения – не менее 46.4 м^2. Дверь в комнату должна быть широкой, чтобы при необходимости можно было легко транспортировать пациента.

Помещение должно быть чистым, хорошо освещенным и вентилируемым, оснащенным термометром, гигрометром и барометром для контроля за температурой, влажностью воздуха и атмосферным давлением. ЧСС и степень утомляемости увеличиваются при повышении температуры окружающей среды. Кроме того, кардиоваскулярный ответ на нагрузку значительно варьирует, если влажность воздуха превышает 60%. Сочетание повышенной температуры и влажности еще больше снижает переносимость нагрузок. Комфортной считается температура 22^{o}C, а при достаточной вентиляции и непродолжительном тесте допускается повышение теспературы до 26^{o}C. Прохладная и сухая среда (50% влажности) увеличивает теплоотдачу кожи. Наличие вентилятора способствует контролю температуры и влажности в помещении. При проведении нагрузочного теста с газоанализом необходимо измерять барометрическое давление и температуру, поскольку газы расширяются при повышении температуры и при низком атмосферном давлении и сжимаются при холоде и высоком давлении. Современные кардиопульмональные системы автоматически учитывают состояние окружающей среды.

Для уменьшения чувства неуверенности и беспокойства у пациентов, на стенах могут быть размещены плакаты и фотографии, особенно – если в комнате нет окна. Удобно, если в поле зрения врача и пациента будут настенные часы с секундной стрелкой. В комнате должно быть место для расположения полотенец, ремней и других приспособлений, необходимых для подготовки пациента и проведения теста. Для обеспечения приватности процедуры желательна ширма, отгораживающая пациента во время его подготовки к тестированию, и минимизация контактов персонала

с лицами, не занятыми в проведении теста. Уровень постороннего шума должен быть минимизирован. Курение в помещении, где проводится тестирование, должно быть запрещено.

На стене в поле зрения пациента должна располагаться напечатанная большими буквами шкала оценки интенсивности нагрузки (Таблица 9 на стр. 94), а самому пациенту должно быть подробно разъяснено, как по ней оценивать степень утомляемости.

2.3. 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. Пациенты с клапанными пороками, врожденными заболеваниями сердца должны быть тщательно осмотрены, так как гемодинамический ответ на нагрузку у них может быть патологическим и иногда они могут исключаться из обследования.

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 β-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: кордарон и сердечные гликозиды – не менее чем за 14 дней до проведения теста; антагонисты кальция, β-блокаторы, мочегонные средства, препараты раувольфии, анаболические препараты, ингибиторы АПФ, седативные – за 48 часов; нитраты пролонгированного действия – за 12 часов; клофелин – за 24 часа до пробы (с предварительным постепенным уменьшением его дозы в течение недели). Не отменяются противодиабетические препараты, антикоагулянты. Допускается прием нитроглицерина, но не менее чем за 2 часа до пробы [9, 21].

Если цель обследования не ясна, то помимо опроса пациента врач должен обсудить целесообразность проведения теста с лечащим врачом.

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

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

Не рекомендуется проведение гипервентиляции перед началом исследования из-за увеличения вероятности получения ложно-положительного результата (послетестовой депрессии ST, обусловленной гипервентиляцией). При необходимости гипервентиляция проводится после тестирования [16, 57].

Пациенту должно быть дано подробное описание исследования для того, чтобы обрисовать возможный риск и осложнения. Обследуемому должны быть объяснены правила проведения теста, а сама процедура должна быть продемонстрирована.

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

2.4. Запись ЭКГ

2.4.1. Подготовка кожи

Наиболее уязвимым местом в системе электрод-усилители-запись является контакт между электродом и кожей. Удаление поверхностного слоя кожи значительно уменьшает сопротивление (импеданс), уменьшая сигнальные помехи. Рекомендуется выбривать места наложения электродов, соблюдая максимальную осторожность во избежание раздражения и повреждения кожи, и затем протирать концентрированным спиртовым раствором. После того, как кожа высушилась, это место выделяется специальным карандашом и аккуратно протирается тонкой наждачной бумагой или грубым материалом (специальными одноразовыми отшелушивающими терками, микроабразивными полосками, тампонами со специальным гелем с микрочастицами). Благодаря этим манипуляциям сопротивление кожи должно сводиться к оптимальному 5000 Ом и менее.

При использовании современных одноразовых электродов и соблюдении указанной технологии подготовки кожи обработка места наложения электродов спиртом не рекомендуется. Более того, она может привести к увеличению импеданса кожи из-за обезвоживания ее наружного слоя (stratum corneum). Вместо этого, после бритья кожа протирается влажной салфеткой, что обеспечивает дальнейшее обезжиривание кожи и одновременно способствует гидратации stratum corneum [30].

2.4.2. Электроды и кабели

Предпочтительнее использовать электроды из хлорида серебра, которые лучше остальных уменьшают артефакты, обусловленные движением. Электроды должны быть с металлической вогнутой поверхностью, создающей углубление, которое заполняется электролитным раствором или влажной салфеткой. При использовании растворов желательно избегать прямого контакта металла с кожей, чтобы избежать появления артефактов в момент движения.

Нельзя наносить гель одновременно по всей линии наложения электродов (одним мазком). В этом случае создается электропроводная дорожка, что может привести к эффекту шунтирования потенциалов. В записи это чревато снижением амплитудных характеристик ЭКГ [27].

При использовании современных одноразовых электродов предпочтительными для нагрузочного тестирования являются электроды с основой из вспененных полимерных материалов, которая не пропускает воздух и пары воды. Эта основа способна гасить механические «нагрузки» и, соответственно, весьма надежна с точки зрения механической устойчивости и адгезивных свойств. Кроме того, электроды с основой из такого материала устойчивы к попаданию на их внешнюю поверхность жидкости. В современных одноразовых электродах используются два типа электропроводных гелей – влажные и твердые, последние называются адгезивными гелями, или гидрогелями. Для электродов с влажным гелем необходимо исключить надавливание на среднюю часть, приводящее к выдавливанию геля на адгезивную поверхность и снижению прочности фиксации. Напротив, для электродов с гидрогелем (твердым гелем) рекомендуется надавливание по всей внешней поверхности электрода, начиная с его центральной части, так как у этого типа электродов вся внутренняя поверхность является клеящей (включая поверхность гидрогеля), что способствует повышению надежности фиксации электрода на коже [30].

Кабели, соединяющие электроды с регистратором, должны быть легкими, гибкими и хорошо экранирующими. Большинство доступных рекламируемых кабелей для проведения проб с нагрузкой сконструированы так, чтобы уменьшить артефакт движения. Кабели обычно имеют срок годности около года, в зависимости от использования. Они, в конечном счете, становятся источником как электрических помех, так и прерываемости записи, что требует их замены. Для стабилизации ЭКГ-сигнала кабель, выходящий из центрального блока, можно фиксировать вокруг талии пациента, а отводящие провода электродов следует собрать вместе и закрепить кусочком пластыря.

2.4.3. Регистрируемые отведения

сначала для выявления ЭКГ-изменений использовалась биполярная система отведений. Сравнительно быстрое время наложения электродов, отсутствие артефактов, появляющихся при движениях и легкость в уменьшении наводки – факторы, обусловившие их использование. При наиболее часто используемых биполярных отведениях положительный электрод располагается в привычной позиции V5 (5-е межреберье по переднеподмышечной линии, отведение CM5). Отрицательные

электроды располагаются: в подлопаточной области справа, в области рукоятки грудины. СМ5 наиболее чувствительно для изменений сегмента ST.

При записи ЭКГ в 12-ти отведениях (модифицированные отведения Mason-Likar) электроды с рук располагаются по возможности как можно ближе к плечам (или на область ключиц), а электроды с ног – ниже пупка на область подвздошных костей, или в поясничной области, или на спину в области угла лопаток. Последний вариант удобен тем, что для фиксирования многоразовых электродов (V_1-V_6 и электроды, перемещенные с ног на область лопаток) может быть использована одна широкая лента [27]. Учитывая, что использование указанных модификаций смещения электродов может повлиять на амплитуду зубцов и сегмент ST, для выявления этих изменений необходимо до начала теста записать ЭКГ покоя в положении больного лежа на спине. Используемая модификация размещения электродов должна быть отмечена в заключении.

Относительная чувствительность отведений: прекордиальные отведения (V_4-V_6) способны обнаружить 90% всей депрессии ST, выявленной при записи ЭКГ в 12-ти стандартных отведениях. Ряд авторов указывают, что использование других отведений дополнительно к V_5 увеличивает количество выявления патологических ответов приблизительно на 10%. Тем не менее, специфичность патологического ответа в других отведениях является более низкой. Из-за высокой частоты ложно-положительных реакций во II отведении, его (изолированно) не рекомендуется использовать с целью диагностики ИБС.

Полная запись ЭКГ в 12-ти отведениях во время проведения теста не является необходимой у многих индивидуумов с нормальной ЭКГ покоя. Тем не менее, она необходима в случаях с аритмией, при регистрации зубца Q, или при симптомах, предполагающих наличие коронарного спазма, а также при оценке тяжести болезни у лиц с установленной ИБС.

2.4.4. Регистраторы

Существует много хороших регистрирующих устройств, позволяющих врачу производить визуальную оценку, так и автоматических устройств позволяющих качественно и количественно оценивать изменения ЭКГ, возникающие во время нагрузки

Применение методов автоматической обработки функциональных проб, начавшееся более 30 лет назад, в настоящее время достаточно широко распространено, как за рубежом, так и в России. При компьютерной обработке появилась возможность провести быстрый динамический анализ количественных характеристик сегмента ST: степени депрессии сегмента (ST-level), площади (ST-integral), наклона ST(ST slope), индекса ST/ЧСС и т. д. В большинстве компьютерных программ предоставляется возможность выбора точек смещения ST(J+60 или J+ 80 мсек). Программы могут менять нагрузку велоэргометра по заранее выбранному протоколу, но позволяют и врачу вручную менять нагрузку в зависимости от хода проводимой пробы. Запись всей ЭКГ позволяет вернуться к любому подозрительному участку ЭКГ, представив его «застывшую» форму в любой момент в ходе пробы в увеличенном размере для более детального просмотра ЭКГ.

Автоматический анализ требует качественного сигнала для анализа, поэтому к персоналу повышены требования по более тщательной подготовке пациента и качественного наложения электродов, предпочтительно одноразовых. Фильтрация сигнала не так искажает его форму, как некачественная запись ЭКГ функциональной пробы на обычном электрокардиографе, где врачу приходится «гадать» о степени смещения сегмента ST и его форме. В настоящее время считается, что измерение интеграла ST предпочтительнее простого визуального определения степени его смещения (Walamies M.A. и др.)

Безусловно, представленное автоматическое заключение не может быть выдано пациенту без корректировки его врачом, но может быть использовано как основа для окончательного формирования результата пробы. Хранение различных стандартных фраз в редакторах заключения только ускоряет процесс интерпретации и оформления результатов, позволяющих качественно оценивать изменения ЭКГ, возникающие во время нагрузки.

2.5. Контроль артериального давления

Мануальное определение артериального давления остается наиболее простым и точным способом его измерения. Существует целый ряд автоматизированных устройств, позволяющих измерять АД во время нагрузки, но из-за помех, связанных с движением, они не позволяют правильно оценить

уровень АД при нагрузках высокой интенсивности. Кроме того, они часто ошибаются при измерении диастолического АД. Если такие системы используются, их надежность предварительно должна быть подтверждена в сравнении с ручным измерением АД, а гипертензивные и гипотензивные реакции во время пробы должны подтверждаться ручными измерениями. При регистрации патологической реакции АД оно должно перепроверяться вторым сотрудником, проводящим тестирование.

Желательно иметь манжеты различных размеров, включая большой и детский. Ртутный манометр рекомендуется вместо анероидного из-за того, что он – точнее и легче калибруется. Манометр должен устанавливаться на уровне сердца. Сфигмоманометры и манжеты вместе с другим оборудованием должны чиститься и регулярно проверяться.

2.6. Оборудование и протоколы

2.6.1. Велоэргометры

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

В механических эргометрах нагрузка во время вращения педалей регулируется силой трения кожаного ремня, прижатого к наружной поверхности велосипедного колеса, или системой тормозных колодок. Выполняемая работа пропорциональна прилагаемой силе и числу оборотов колеса. Для сохранения стабильного уровня нагрузки при работе на механическом велоэргометре необходимо строгое соблюдение скорости вращения педалей – 60 оборотов в минуту, так как снижение скорости вращения приводит к уменьшению, а ее повышение – к увеличению мощности выполняемой нагрузки.

В велоэргометрах с электрическим приводом различной силы торможение обеспечивается перемещением в электромагнитном поле проводника в виде металлической полосы на наружной части колеса [1]. В отличие от механических велоэргометров, при работе на электрически тормозящем эргометре мощность нагрузки удерживается постоянной при частоте вращения педалей в диапазоне от 30 до 70 оборотов в минуту. При очень низкой скорости вращения педалей на электрически тормозящем велоэргометре выполняемая работа становится более изометричной и менее аэробной [94]. В.М. Михайлов [27] указывает, что на современных электрически тормозящих велоэргометрах мощность нагрузки удерживается постоянной при любой частоте вращения педалей (в чем следует убедиться, изучив документацию по техническим характеристикам велоэргометра).

Независимо от типа эргометра, они должны иметь возможность инкрементно (дробно, пошагово) дозировать нагрузку.

Самые максимальные величины потребления кислорода (VO_2) и ЧСС достигаются при скорости вращения педалей 50 – 80 об/мин. Велоэргометры калибруются в килопондо- или килограммометрах (kp, кгм), или ваттах. 1 ватт (1 W) эквивалентен 6,1 килопондо-метрам за минуту (kpm/min, кгм/мин), 1 кгм = 1 Джоулю или 10 эргам.

Велоэргометр менее дорог, занимает меньше пространства и производит меньше шума, чем тредмил. Движения верхней половины тела при велоэргометрии менее выражены, чем при работе на тредмиле, что облегчает запись ЭКГ и измерение АД. 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.

В таблице 8 (на стр. 93) указаны значения достигнутого потребления кислорода в МЕТ при непрерывно-возрастающей нагрузке на велоэргометре в зависимости от массы тела обследуемых. То же самое можно выразить уравнением: МЕТ = (90 + 3,44 × Вт)/вес в кг (из инструкции к стресс-системе SICARD 460 S, производства Siemens).

Существуют заметные отличия между проведением теста в горизонтальном или вертикальном положении тела. У здоровых лиц ударный объем и конечно-диастолическое давление при проведении теста в положении лежа изменяются незначительно. В то время как в вертикальном положении на средних мощностях нагрузки эти показатели возрастают, приобретая вид плато. У лиц с сердечными аномалиями в положении лежа в левом желудочке создается более высокое давление, чем в вертикальной позиции. Когда пациенты со стенокардией выполняют идентичную субмаксимальную нагрузку на велоэргометре в положении лежа и стоя, у них ЧСС выше при работе в горизонтальной позиции, а значит, и максимальный уровень нагрузки достигается на меньших мощностях и, соответственно, стенокардия появляется при меньших цифрах двойного произведения. Депрессия сегмента ST обычно более выражена при работе в горизонтальной позиции из-за большего объема левого желудочка при данном положении тела.

Правила эксплуатации велоэргометров: поскольку мощность нагрузки на механическом эргометре зависит не только от сопротивления, но и от числа оборотов в минуту, необходимо следить за исправностью самого счетчика оборотов. Также важно проверять адекватность натяжения ленты и степень загрязнения махового колеса. Механические эргометры требуют аккуратного обращения в связи с происходящими нарушениями калибровки при их частом использовании или перемещении. Правила калибровки механических эргометров различаются в зависимости от вида тормозного устройства и указаны в инструкциях по их эксплуатации. Электрически тормозящие эргометры откалибровать труднее, поэтому их калибровка обычно предусматривается фирмой-изготовителем или организацией, имеющей право на ремонт и проверку медицинского оборудования.

2.6.2. Протоколы

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

Существуют 4 типа протоколов нагрузочных тестов (Рисунок 4 на стр. 119):

- 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, когда продолжительность каждой ступени колеблется от 2 до 5 минут (время, необходимое для стабилизации гемодинамических параметров). Для ножного велоэргометра обычно рекомендуется начинать нагрузку с 10 или 25 Вт, увеличивая мощность нагрузки на 25 Вт каждые 2 или 3 минуты до достижения критериев прекращения нагрузки. Считается, что 3-минутная продолжительность ступени для достижения стадии устойчивого равновесия на низких мощностях – не обязательна [53]. За рубежом также используется непрерывно-возрастающие протоколы Bruce (нагрузка увеличивается каждые 2,5 минуты на 50 Вт) и «скандинавский» тест (начальная нагрузка 50 Вт увеличивается через каждые 5 минут на 33 Вт).

Рекомендуемые протоколы дозирования нагрузки при ручной велоэргометрии предполагают, что пациент находится в положении сидя, руль скорректирован по высоте плеча таким образом, что руки слегка согнуты в локтях. Скорость вращения – от 60 до 75 оборотов в минуту. Увеличение мощности нагрузки – по 10 Вт каждые 2 минуты. Критерии прекращения нагрузки аналогичны ножной велоэргометрии. Потребление кислорода, соответствующее нагрузкам определенной мощности, при ручной велоэргометрии у мужчин и женщин в зависимости от возраста и массы тела представлены в таблицах 10 и 11 (на стр. 95, 96).

Протоколы дозирования нагрузки зависят от вида ВЭМ и особенностей обследуемых групп. Величина нагрузки может быть стандартной для всех пациентов или же избираться дифференцированно с учетом пола, возраста, степени физической тренированности, а при острых коронарных синдромах – еще и сроков проведения тестов [9, 12, 14, 28, 45, 51, 53, 55, 56, 85, 88].

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 [15, 29, 57, 79, 83]. Именно этого времени достаточно для того, чтобы, с одной стороны, оценить адекватность гемодинамических параметров на

каждой ступени, с другой – обеспечить преимущественно аэробный характер нагрузки [11, 12, 32]. 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 [31].

Нагрузка должна быть с одной стороны плавно-нарастающей, с другой – достаточной для достижения потребления кислорода, составляющего 70-75% от МПК [29], что соответствует приблизительно 75-85% от максимальной возрастной ЧСС [18, 21, 35, 41]. Только в этом случае достигается достаточно точная оценка физической работоспособности и адекватности реакции АД и ЧСС на нагрузку.

При этом считается, что необходимо учитывать индивидуальные характеристики обследуемых: пол, возраст, массу тела, рост, тренированность и пр. [9, 11, 13, 14, 18, 53, 57, 94]. Однако, как справедливо отмечают С.А. Сетракян и В.Л. Воловой [31], конкретные рекомендации, как это сделать – отсутствуют. В большинстве случаев основой для выбора исходной ступени и шага увеличения нагрузки служат работы Д.М.Аронова и соавт. [5, 6, 9], предлагающие 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.

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 [16, 61]:

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 × баллы + 9,6)/3,5

Полученная величина будет характеризовать исходные функциональные возможности обследуемого.

Мы предлагаем следующий способ расчета предполагаемой максимальной для данного пациента нагрузки, используя приводимую выше формулу, сопоставляющую нагрузку в ваттах с МЕТ:

W_{max} (Вт) = (МЕТ × 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 × 28,7 + 9,6)/3,5 = 6,3. Предполагаемая максимальная мощность нагрузки будет равна (6,3 × 80 – 90)/3,44 = 120 Вт, а первая ступень и шаг увеличения нагрузки при планируемой продолжительности теста в 12 минут будут равны ¼ 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 [33].

Учитывая, что мощность максимальной нагрузки в ваттах линейно взаимосвязана с мышечной массой обследуемых и ростом, а также зависит от возраста и пола тестируемых, при тестировании здоровых лиц для расчета оптимального протокола дозирования нагрузки можно использовать подход, предложенный В.В. Власовым [13] и модифицированный нами. Для этого определяется индекс массы тела (ИМТ=частное от деления массы тела в килограммах на квадрат роста в метрах) и, когда фактический вес превышает 110% должного (должный вес: ИМТ<25), в расчёте используется так называемая "тощая масса тела" (ТМТ). Для мужчин она рассчитывается по формуле:

ТМТ = Должный вес + 0,41 × (фактический вес – должный вес),

а для женщин по формуле:

ТМТ = Должный вес + 0,25 × (фактический вес – должный вес).

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

Вт = 73 + 2,15 × масса тела (ТМТ) – 2,12 × возраст,

а для женщин по формуле:

Вт = 45,6 + 1,93 × масса тела (ТМТ) – 1,45 × возраст.

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

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

Пример:

для женщины 50 лет массой 90 кг и ростом 162 см ИМТ = $90/1{,}62^2$ = 34,4, что больше 110% должного (должный вес: 25 × $1{,}62^2$ = 65,6 кг). Тогда предполагаемая субмаксимальная мощность нагрузки будет равна:

45,6 + 1,93 × ((65,6 + 0,25 × (90 – 65,6)) – 1,45 × 50 = 112 Вт.

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

Для выбора протокола теста можно учитывать наши данные: на основе анализа 655 ВЭМ, проведенных у взрослых, не имеющих исходных заболеваний сердца, нами установлено, что женщины достигают субмаксимальной возрастной ЧСС (85% от максимальной, определенной по таблицам Шеффилда в модификации Б.М. Липовецкого) при мощности нагрузки 1,4 Вт/кг, а максимальной утомляемости – при 2 Вт/кг; в то время как мужчины – при 2 Вт/кг и 2,5 Вт/кг соответственно. В случае, если планируемая продолжительность теста составляет 9 минут, величина первой ступени и шага увеличения нагрузки будет соответствовать 1/3 от расчетной субмаксимальной или максимальной мощности нагрузки (Вт/кг × масса тела в кг). При этом у лиц с избыточной массой тела вместо истинного веса лучше использовать ТМТ (см. выше).

Пример: женщина 50 лет с массой тела 90 кг и ростом 162 см достигнет субмаксимальной ЧСС на мощности нагрузки:

$1{,}4 \times (65{,}6 + 0{,}25 \times (90 - 65{,}6)) = 100$ Вт,

т.е. дозировать нагрузку ей надо по 30 или 35 Вт.

Одним из вариантов прерывистого протокола является тест PWC_{170}– оценка физической работоспособности (Power Working Capacity) при ЧСС 170 уд/мин или при субмаксимальной возрастной ЧСС – PWC_{AF} (Age -возраст, Frequency – частота сердечных сокращений), методология которого разработана В.Л. Карпманом и соавт. [18]. Пациенту предлагается последовательно выполнить 2 нагрузки умеренной интенсивности (например, 500 и 1000 кгм/мин), каждая продолжительностью 5 минут, разделенные 3-минутным интервалом отдыха. Обязательными условиями этой пробы являются: выполнение ее без предварительной разминки, мощность второй ступени должна существенно отличаться от первой, ЧСС в конце 1-й ступени должна составлять 100-120 уд/мин, в конце 2-й ступени – должна быть близкой к субмаксимальной возрастной (85% от максимальной). Этот протокол продолжает использоваться при тестировании условно здоровых лиц и спортсменов, он рекомендован МЗ и МО РФ для оценки физической работоспособности лиц с недостаточностью питания, исполняющих воинскую обязанность [27]. Для последних мощность 1-й ступени нагрузки составляет 300 кгм/мин, а мощность 2-й ступени выбирается по таблице 12 (на стр. 97) в зависимости от ЧСС, достигнутой на 1-й ступени. Однако целесообразность применения именно этого протокола для оценки физической работоспособности вызывает сомнение, так как большинство тестируемых достаточно легко достигают субмаксимальной возрастной ЧСС и соответственно – отпадает необходимость оценивать работоспособность по тесту PWC_{170} или PWC_{AF} косвенным способом. По результатам пробы PWC_{AF} можно рассчитать МПК по следующей формуле: МПК= (1,7 × Вт × 6 + 1240)/масса тела в кг [18].

Последние годы все более популярными становятся «рэмп»-протоколы, при которых нагрузка возрастает каждые 20, 15 или 12 секунд на 5 Вт, т.е. – на 15, 20, 25 Вт/мин. Установлено, что почти непрерывное и равномерное увеличение метаболической стоимости нагрузки при таком типе протокола обеспечивает устойчивое увеличение реакций сердца и легких, а также – возможность более точного определения потребления кислорода. Потребление кислорода при этом типе протокола возрастает линейно возрастающей нагрузке вплоть до момента достижения предельной утомляемости, так что пик потребления кислорода совпадает с МПК, не выходя при этом на уровень «плато» [49]. Такие протоколы могут быть использованы для тестирования лиц с разными уровнями функциональных возможностей [16, 40, 65, 80]. Несомненным достоинством этого вида протокола является тот факт, что большинство лиц при его использовании достигают критериев прекращения нагрузки за оптимальное время – 9 минут.

Одноступенчатые протоколы чаще всего используются при профессиональных отборах и у спортсменов, но могут применяться и для оценки толерантности к нагрузкам у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями [4, 27, 66]. Их применение ограничено тем, что сложно индивидуализировать мощность выбираемой ступени, которая должна соответствовать или определенному проценту от известной максимальной мощности для каждого тестируемого, или должна вызывать одинаковую физиологическую реакцию (ЧСС) у разных тестируемых [18].

Наиболее известным одноступенчатым тестом является протокол Астранд, особенности проведения которого подробно изложены В.М. Михайловым [27]. Обычно мощность нагрузки для практически здоровых лиц устанавливается в 100 Вт – для женщин и 150 Вт – для мужчин. В том случае, если через 1-2 минуты ЧСС менее 130 уд/мин, нагрузку следует несколько увеличить, если ЧСС более 150-140 уд/мин – уменьшить. В итоге при установлении «устойчивого состояния» ЧСС должна быть около 150 уд/мин. Для физически ослабленных людей и больных следует использовать мощность 50-75 Вт. Продолжительность нагрузки – 4-6 минут. Максимально достигнутое (пороговое) значение ЧСС рассчитывается как среднее значение трех устойчивых интервалов RR непосредственно перед прекращением нагрузки. На основании полученной субмаксимальной ЧСС рассчитывается предполагаемое МПК обследуемого (л/мин) в соответствии с номограммой Астранд-Риминг, которая представлена в виде таблиц с возрастными поправочными коэффициентами (Таблицы 14 и 15 на стр. 98, 99).

В.М. Михайлов [27] предлагает свой вариант одноступенчатого протокола, основанный на выборе мощности нагрузки в соответствии с должным основным обменом (ДОО). При этом первоначально определяется ДОО по формуле Harris и Benedict:

для мужчин ДОО= (13,752 × М) + (5,0033 × Р) – (6,755 × В) + 66,473;

для женщин ДОО= (9,563 × М) + (1,850 × Р) – (4,676 × В) + 65,09;

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

Мощность нагрузки определяется по формуле: М = ДОО × К, где М – мощность нагрузки (Вт); ДОО – должный основной обмен; К – коэффициент, учитывающий степень физической подготовленности и состояние здоровья обследуемого. Для практически здоровых мужчин молодого возраста К = 0,1; для женщин К = 0,07; для спортсменов К = 0,125 – 0,15. Продолжительность теста 4 минуты (3-5 мин).

Учитывая значительное разнообразие предлагаемых протоколов, возникает закономерный вопрос – насколько различия выбранного протокола влияют на достигнутую максимальную мощность нагрузки, МПК и реакцию АД и ЧСС? Считается, что непрерывная работа повышающейся мощности без интервалов отдыха между ступенями оказывает большее физиологическое воздействие, чем прерывистая – ЧСС при непрерывной нагрузке приблизительно на 10% больше. При сравнении расчета PWC_{170} у спортсменов по данным ступенчатой непрерывно-возрастающей нагрузки и нагрузки, разделенной периодами полноценного восстановления в 3 минуты, В.Л. Карпман и соавт. [18] выявили недооценку физической работоспособности обследуемых при непрерывном способе ее дозирования в среднем на 22%. С другой стороны, Н.М. Амосов и Я.А. Бендет [1] указывают на сходство результатов, полученных при непрерывно-возрастающих нагрузках с данными при ступенчато-возрастающих нагрузках, чередующихся с периодами отдыха.

С.А. Сетракян и В.Л. Воловой [31] указывают, что если непрерывно-возрастающий тест до появления признаков максимального утомления длится 8-12 минут, то пиковое МПК соответствует тому, которое достигается при прерывистых нагрузках до максимального утомления и появления «плато» на кривой потребления кислорода. Пиковое потребление кислорода при «рэмп»-протоколах сопоставимо с МПК, достигнутым при одноступенчатых максимальных ВЭМ с неизменной мощностью нагрузки, составляющей 90% от максимальной мощности, предварительно определенной при максимальном «рэмп»-тесте [49].

По данным S. Kurl и соавт. [67], анализирующих реакцию АД на непрерывно-возрастающую максимальную нагрузку на велоэргометре у мужчин среднего возраста (42-60 лет) при двух разных видах протокола (1 протокол – 348 мужчин: исходная мощность нагрузки 50 Вт в течение 3 минут с последующим увеличением нагрузки на 20 Вт ежеминутно; 2 протокол – 678 мужчин: линейное увеличение нагрузки с/по 20 Вт ежеминутно), значимые различия в повышении систолического АД между этими протоколами отсутствовали (средняя продолжительность теста 11,6 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.

2.7. Субмаксимальное и максимальное тестирование

Тестирование может быть максимальным и субмаксимальным. Максимальной считается нагрузка, при которой достигается МПК. Клиническим эквивалентом максимальности 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 16-18 на стр. 100). Следует отметить, что отсутствует единое мнение о том, какая именно ЧСС соответствует 75% от максимальной нагрузки. По мнению В.Л. Карпмана и соавт. [18] достижение 75% от МПК (максимальной нагрузки) соответствует 87% от предполагаемой максимальной ЧСС. И.К. Шхвацабая и соавт. [35], а также Р.С. Карпов и В.А. Дудко [19] считают, что 75% от максимальной нагрузки соответствуют 75% от максимальной ЧСС. По данным D. Swain [90] взаимосвязь между ЧСС и МПК выражается следующим уравнением: % максимальной ЧСС = (0,64 × %МПК) + 37. Соответственно, достижение 85% от максимальной ЧСС соответствует 75% МПК.

Нами сопоставлена мощность нагрузки в ваттах при максимальных тестах, прекращенных в связи с максимальным утомлением и субмаксимальных, закончившихся в связи с достижением субмаксимальной возрастной ЧСС (определенной по таблице Шеффилда в модификации Б.М. Липовецкого) без появления других критериев прекращения нагрузки. Субмаксимальная мощность (85-90% от максимальной ЧСС), как у мужчин, так и у женщин, составила около ¾ от максимальной нагрузки (Таблица 19 на стр. 101).

Упрощенный способ расчета максимальной ЧСС следующий: из 220 вычитается возраст (например, у пациента 55-ти лет максимальная ЧСС будет равна: 220 – 55 = 165 уд/мин). Если использовать в качестве критерия прекращения нагрузки 85% от расчетной максимальной ЧСС, целевая ЧСС составит соответственно 140 уд/мин. В.М. Михайлов [27] предлагает использовать для расчета максимальной ЧСС формулу Shepherd: 220 минус возраст (для мужчин), 210 минус возраст (для женщин). Следует обратить внимание на то, что использование такого подхода расчета максимальной ЧСС подразумевает, что максимальная ЧСС у женщин ниже, чем у мужчин такого же возраста, что противоречит действительности.

Для расчета субмаксимальной ЧСС, как критерия прекращения нагрузки, можно использовать формулу Г.М. Яковлева [36]:

целевая ЧСС = $ЧСС_1$ + К (215-возраст-$ЧСС_1$), где

$ЧСС_1$- фоновая ЧСС в покое, К – коэффициент поправки (0,9 для спортсменов; 0,8-для здоровых; 0,7- больных ИБС; 0,6- для перенесших инфаркт миокарда).

К сожалению, истинные значения максимальной возрастной ЧСС подвержены значительным колебаниям – стандартное отклонение от среднего значения составляет до 12 уд/минуту. Это значит, что целевая максимальная ЧСС для одних пациентов оказывается действительно максимальной, для других – выше, а для третьих – ниже реального максимального уровня.

Нами получены аналогичные значительные колебания значений максимальной ЧСС у пациентов одного возраста и пола, достигнутой при нагрузке на велоэргометре, закончившейся в связи с максимальным утомлением (Таблица 20 на стр. 102).

Учитывая значительные индивидуальные колебания максимальной возрастной ЧСС, зарубежные руководства не рекомендуют использовать ее в качестве критерия прекращения нагрузки. Максимальным считается такой тест, при котором обследуемым достигнуто максимальное утомление (точка телесного изнеможения) или появляются клинические симптомы, требующие прекращения нагрузки. В последнем случае тест называется симптом-ограниченным (maximum symptom-limited exercise-tolerance test, symptom-limited maximum exercise test).

2.8. 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 9 на стр. 94).

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 [16].

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).

Словесное описание воспринятого напряжения доступно любому обследуемому лицу. И хотя пациенты различаются по способности оценивать степень достигнутого утомления, при повторных тестированиях эта оценка делается ими все более точно. Таким образом, шкала Борга может помочь клиницисту в оценке степени усталости, достигаемой пациентом при повторных тестированиях или соотносить уровень усталости в момент исследования с той, которую пациент испытывает в течение ежедневной деятельности.

Симптом-ограниченное тестирование с использованием шкалы Борга является чрезвычайно важным при проведении тестов, целью которых является оценка функциональных возможностей обследуемых.

Следует отметить, что около 10% лиц переоценивают или недооценивают величину испытанного во время нагрузки усилия [16].

Мы имеем 5-летний опыт использования модифицированной 10-уровневой шкалы Борга. Следует отметить, что даже при подробном предварительном объяснении врачом правил использования этой шкалы, не каждому пациенту легко оценить свои усилия по 10-балльной шкале. Например, только 42% из 315 условно здоровых мужчин и 44% из 141 женщины оценили субмаксимальную нагрузку, закончившуюся в связи с достижением субмаксимальной возрастной ЧСС без признаков предельного утомления, как тяжелую (5 баллов), очень тяжелую (7 баллов) или почти максимальную (10 баллов). Если руководствоваться тем, что 5-7-10 баллов по 10-уровневой шкале Борга – это нагрузка 60-75-90% от максимально возможной [53], то большинство как мужчин, так и женщин, скорее всего, недооценили выполненную нагрузку. Значительные колебания воспринятого пациентами усилия при достижении одной и той же возрастной ЧСС лишний раз подтверждают, что максимальная ЧСС подвержена значительным индивидуальным колебаниям и не стоит на нее ориентироваться как на критерий прекращения нагрузки.

2.9. Критерии прекращения нагрузки [57]

Хотя в большинстве случаев нагрузку прекращают при достижении определенного процента (85-90%) от предполагаемой максимальной возрастной ЧСС, предпочтительнее руководствоваться теми критериями прекращения нагрузки, которые были определены на основании клинического опыта.

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 мониторирования ЭКГ или систолического АД.
- Отказ пациента от прекращения нагрузки.
- Устойчивая желудочковая тахикардия.
- Подъем ST на 1 мм и более (кроме отведений V_1 и AVR)
- Депрессия сегмента ST $\geq$ 4 мм [60].

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 косонисходящая 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 отдифференцировать 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 [9, 20] 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 подъма 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.

2.10. 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. Следует отметить, что постепенное прекращение нагрузки может отсрочить или предотвратить появление депрессии сегмента ST, тем не менее, оно является необходимым. 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. С другой стороны, механическая дисфункция или патологические электрофизиологические ответы в ишемизированнном левом желудочке после нагрузки могут проявляться через несколько минут или даже часов после теста.

По данным М.Л. Поллока и Д.Х. Шмидта [16] 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, и если ее учитывать, то чувствительность нагрузочного теста в выявлении ИБС повышается.

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

3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ [53, 57]

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

3.1. 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) [9]:

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.

3.2. 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 [21].

3.3. 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. Кроме того, выраженная стенокардия и жизнеопасные аритмии уменьшаются в положении сидя, поскольку именно в этом положении уменьшается ишемия миокарда.

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

3.4. 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 (см. раздел 10). 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. Предложенные механизмы объяснения нормальной работоспособности данных лиц включают возрастающую периферийную экстракцию кислорода, сохранение систолического объема и хронотропного резерва, способность выносить повышение легочного давления без расстройства дыхания, желудочковую дилатацию и повышение уровня плазменного норэпинефрина в период отдыха и на фоне нагрузки. Многие пациенты со сниженной фракцией выброса левого желудочка в покое могут выполнить сравнительно нормальную нагрузку без побочных эффектов, хотя в последующем на отдыхе они отмечают появление возрастающей усталости.

Ключевой момент: физическая работоспособность 5 МЕТ и менее (менее 18 мл × кг$^{-1}$ × мин$^{-1}$) 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.

3.5. Гемодинамические реакции на нагрузку

3.5.1. Реакция АД на нагрузку

АД зависит от сердечного выброса и периферического сопротивления. Систолическое давление на максимальных нагрузках или в момент прекращения нагрузки в первом приближении соответствует инотропным возможностям сердца. Возможно неадекватное повышение или падение систолического давления во время нагрузки. Хотя и у некоторых здоровых лиц на фоне максимальной нагрузки отмечается падение систолического АД, этот признак чаще ассоциируется с тяжелой ИБС и ишемической дисфункцией миокарда. Индуцированная нагрузкой гипотензия также выявляет пациентов с повышенным риском фибрилляции желудочков.

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.

3.5.2. 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 β-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.

3.6. Изменения ЭКГ при нагрузке

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

3.6.1. Общие правила оценки ЭКГ

- При классическом способе оценки смещения сегмента ST (Рисунок 6 на стр. 121) его изменения оцениваются не менее чем по трем последовательным QRS, которые должны быть расположены на стабильной изолинии [46, 94].
- 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 (ishemia), расположенная на 60-80 мсек от точки J [7, 9]. Точка J («Junction») – это место окончания комплекса QRS, где зубец S или R (при отсутствии зубца S) переходит в сегмент ST (Рисунок 5 на стр. 120).
- При исходной депрессии сегмента ST патологической считается дополнительная к исходной депрессия точки i (ishemia) 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 V_1 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 [46].
- 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.

3.6.2. Нормальный ответ ЭКГ на нагрузку при неизмененной ЭКГ покоя

Зубец P. Во время нагрузки вектор зубца P становится более вертикальным, и величина зубца P возрастает в нижних отведениях. Нет существенных изменений продолжительности зубца P.

PR-сегмент. Сегмент PR во время нагрузки укорачивается и снижается в нижних отведениях. Снижение его связано с предсердной реполяризацией и может явиться причиной ложно-положительной депрессии ST в нижних отведениях. У пациентов с ложно-положительным результатом теста, обусловленным этой причиной, обычно отмечается высокая ЧСС на пике нагрузки, отсутствие боли в груди и хорошо видимое снижение сегмента PR в нижних отведениях.

Комплекс QRS. Зубец Q меняется незначительно в сравнении с Q –покоя, однако он становится немного более глубоким на максимальных нагрузках. Изменения амплитуды R отмечаются при нагрузках, близких к максимальным. Резкое снижение R наблюдается в боковых отведениях (V5) на максимуме нагрузки при максимальном тесте и в первую минуту восстановления. В боковых и вертикальных отведениях (V5 и aVF) зубец S становится больше по глубине, становясь наиболее глубоким при максимальном усилии, и затем постепенно возвращается к исходным значениям в период восстановления. Соответственно снижению зубца R увеличивается глубина зубца S.

Депрессия точки J. Точка J при увеличении нагрузки смещается вниз с наибольшей выраженностью в боковых отведениях и постепенно возвращается к исходному уровню в периоде восстановления Ее депрессия наблюдается во всех отведениях с максимумом на 1-й минуте отдыха. У лиц с исходным подъемом точки J на ЭКГ покоя (при исходном синдроме ранней реполяризации желудочков) на фоне нагрузки она может снизиться до изолинии – это является обычной находкой и не является патологической реакцией. При последующем отдыхе точка J возвращается к предтестовому уровню.

Сегмент ST. В норме вектор сегмента ST как при тахикардии, так и при физической нагрузке направлен вправо и вверх, т.е. сегмент ST имеет косовосходящее направление.

Зубец Т. Постепенное снижение амплитуды зубца Т наблюдается во всех отведениях на ранних ступенях нагрузки. На максимуме нагрузки Т начинает повышаться, а к 1-й минуте отдыха – в боковых отведениях его амплитуда возвращается к исходной.

Волна U. Не отмечается существенных изменений волны U на фоне нагрузки. Кроме того, на фоне учащения ЧСС ее трудно распознать из-за близкого расположения зубцов Т и Р.

3.6.3. Патологические ответы ЭКГ на нагрузку

Изменения сегмента ST

Рекомендованы многочисленные способы оценки ST-ишемии, но самыми достоверными остаются стандартные его измерения. ЭКГ-индуцированная миокардиальная ишемия может проявляться одним из 3-х возможных изменений сегмента ST: депрессией, подъемом и его нормализацией.

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 косонисходящая депрессия ST глубиной 0,10 mV (1 мм) или более, длящаяся в течение 80 миллисекунд от окончания комплекса QRS (Рисунки 5 и 7). 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 [9]. В зарубежных руководствах [46] критерием медленной косовосходящей депрессии считается депрессия точки i не менее чем 1,5 мм, иначе она расценивается как быстровосходящая. Быстровосходящая 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. Включение быстровосходящей депрессии ST в патологические ответы повышает чувствительность теста, но уменьшает его специфичность.

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.

Тяжесть ИБС связана со временем появления ишемических сдвигов. 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 (V_1 и V_2).

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. Индуцированный 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 Т-доминантный характер, тогда как ST-доминантный характер – при отсутствии ишемии, являясь следствием дискинезии [14].

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 односсудистым 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 V_1 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 локализует место ишемии: например, подъем сегмента ST в отведениях V_2–V_4 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.

Нормализация сегмента ST или отсутствие его изменений. Признаками ишемии могут быть нормализация или отсутствие изменений сегмента ST у пациентов с исходными изменениями ЭКГ покоя, включая инвертированный зубец Т и исходную депрессию сегмента ST. У части пациентов с ИБС на фоне нагрузки или при появлении стенокардии эти изменения ST-Т могут нормализоваться. Однако эти изменения встречаются редко и являются неспецифичными.

Диагностическая ценность изменений зубца R.

Существует много различных данных об изменениях амплитуды зубца R при нагрузках у здоровых лиц. Однако наиболее частыми изменениями является снижение зубца R при субмаксимальных нагрузках с резким падением его амплитуды при максимальных усилиях. Индуцированное нагрузкой изменение амплитуды зубца R не имеет доказательной диагностической ценности.

Когда амплитуда зубца R соответствует ЭКГ-критериям гипертрофии левого желудочка, изменения ST-сегмента на нагрузку не могут использоваться для диагностики ИБС даже при отсутствии ЭКГ-признаков перегрузки левого желудочка. Снижение амплитуды зубца R после инфаркта миокарда снижает чувствительность смещения ST-сегмента в этих отведениях для диагностики обструктивной ИБС.

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

Зубец U.

Инверсия зубца U обычно регистрируется в прекордиальных отведениях при ЧСС около 120 уд/мин. Хотя появление U-инверсии считается специфичным для ИБС, чувствительность этого признака является низкой, ассоциируясь как с ИБС, так и с гипертрофией левого желудочка, аортальной и митральной регургитацией, при которых происходит нарушение расслабления левого желудочка.

Зубец Т.

Индуцированная нагрузкой инверсия зубца Т 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 Т свидетельствует о большем коронарном резерве, чем у тех, у кого зубец Т остается во время нагрузки отрицательным. У пациентов с низкой предтестовой вероятностью ИБС нормализация исходно инвертированного зубца Т не является диагностически значимой находкой, в то время как у пациентов с документированной ИБС может быть маркером ишемии.

Индекс ST/ЧСС

Индекс ST/ЧСС – это максимальное смещение сегмента ST относительно частоты сердечных сокращений. Несмотря на существующие клинические данные об использовании этого метода при нагрузочном тестировании, его применение не рекомендуется из-за существующих проблем с воспроизводимостью результатов, полученных с его использованием. Последние работы свидетельствуют о том, что этот индекс не приносит дополнительной информации у пациентов с симптомами ИБС, а у асимптомных пациентов и пациентов с низкой вероятностью ИБС может оказаться лишь ненамного лучше стандартного измерения уровня ST.

4. ДИАГНОСТИКА ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТА [56, 57, 60]

4.1. Показания к проведению диагностического теста

Класс I:	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 21 и 22 на стр. 102-103).
Класс IIA:	Пациенты с вазоспастической стенокардией.
Класс IIB:	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.

4.2. Обоснование проведения диагностического теста

Нагрузочный тест проводится в случаях, когда диагноз ИБС неясен. Из всех клинических признаков вероятной ИБС, включая одышку при нагрузке, исходные изменения ЭКГ и наличие факторов риска атеросклероза, основным является наличие боли или дискомфорта в грудной клетке.

Миокардиальная ишемия – наиболее важная причина болевого синдрома в грудной клетке, которая является наиболее часто встречающимся проявлением коронарного атеросклероза. Причиной появления ишемии при нагрузке у лиц без значимой коронарной обструкции могут быть коронароспазм, повреждение атеросклеротической бляшки и тромбоз сосуда. Однако, наиболее значимым в плане развития неблагоприятных коронарных событий является стенозирующий атеросклероз.

Несмотря на известные ограничения, «золотым стандартом» выявления поражения коронарных артерий остается коронароангиография. Существуют разногласия, какое сужение сосуда использовать в качестве критерия коронарного поражения – 50% или 70%.

Однако, по результатам метаанализов не выявлено влияния избранного критерия (50% или 70%) на результаты нагрузочного тестирования.

4.3. 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 21 (стр. 102) представляет собой модификацию таблиц предтестовой вероятности ИБС, разработанных G.A. Diamond и J.S. Forrester [50]. 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% [46]), 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.

4.4. 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. Таблица 22 (стр. 103) показывает, как оценить предтестовую и посттестовую вероятность ИБС в процентах на основании пола, возраста, характера болевого синдрома и полученной при нагрузке депрессии сегмента ST.

4.5. Чувствительность, специфичность и предсказательная ценность

Понятия чувствительности и специфичности определяют насколько эффективно метод позволяет отдифференцировать больных лиц от здоровых, то есть – насколько точно используемый метод позволяет выявить болезнь. Чувствительность – процент тех лиц с установленной при проведении коронарографии ИБС, у которых тест оказался положительным (выявил патологическую реакцию). Специфичность – процент тех здоровых лиц, у кого тест оказался отрицательным (не выявил патологических реакций). На специфичность влияют такие факторы, как прием дигоксина, гипертрофия левого желудочка, исходные изменения ЭКГ покоя и пол обследуемых.

Чувствительность и специфичность взаимосвязаны: чем выше чувствительность, тем ниже специфичность и наоборот.

Чувствительность и специфичность теста зависят от обследуемого контингента. Например, у пациентов с установленным трехсосудистым поражением коронарных артерий чувствительность теста будет более высокой, чем у лиц с однососудистым поражением. Тест может иметь низкую

специфичность у лиц с высокой вероятностью ложно-положительных результатов: например, у женщин и у лиц с пролапсом митрального клапана.

Чувствительность и специфичность зависят от выбранного критерия оценки. Например, если за критерий положительного теста выбрать депрессию сегмента ST 2 мм и более (а не 1 мм), то специфичность теста окажется более высокой, а чувствительность снизится.

Чувствительность и специфичность индуцированной нагрузкой депрессии ST может быть проверена при сравнении результатов тестирования и коронарной ангиографии. По данным метаанализа 58 исследований (всего 11691 пациентов, не имеющих в анамнезе инфаркта миокарда, которым проведен нагрузочный тест и коронарография) специфичность такого признака как горизонтальная и косонисходящая депрессия сегмента ST глубиной 1 мм (при том, что косовосходящая депрессия считалась отрицательным или пограничным результатом) составила около 72%. Это означает, что 72% лиц без значимого коронаросклероза имеют нормальный (отрицательный) результат нагрузочного теста. Чувствительность этого признака составляет около 67% с колебаниями от 40% при однососудистом поражении до 90% при трехсосудистом поражении коронарных сосудов.

Чувствительность нагрузочного теста в диагностике ИБС ниже, чем стресс-визуализирующих методик. Однако, при использовании многофакторной оценки (различных прогностических моделей, в том числе тредмил-индекса Дюка) чувствительность этих двух методов становится сравнимой.

Предсказательная ценность помогает определить диагностическую ценность теста.

На рисунке 8 (на стр. 122) показано как вычисляются чувствительность, специфичность и предсказательная ценность диагностического теста.

Данные В.Э. Кудряшева и соавт. [20] о диагностической ценности ЭКГ-критериев ишемии, полученные при тредмил-тесте у 108 человек 42-72 лет с подтвержденной на коронарографии ИБС и 51 – без коронарографических признаков ИБС, представлены в таблице 23 (на стр. 104).

Ключевой момент: чувствительность и специфичность обратно взаимосвязаны, зависят от контингента обследуемых и от выбранного критерия оценки.

4.6. Влияние медикаментов на интерпретацию результатов теста

4.6.1. β-блокаторы

Пациенты со стенокардией при использовании β-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 β-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 β-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 β-блокатора должно приниматься врачом индивидуально для каждого тестируемого во избежание возможных эффектов «отмены» препарата в виде усиления стенокардии или повышения АД.

4.6.2. 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.

4.6.3. 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.

4.6.4. 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.

4.6.5. 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.

4.6.6. 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.

4.6.7. 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.

4.7. Влияние исходных изменений ЭКГ на интерпретацию результатов

4.7.1. 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).

4.7.2. Исходная депрессия сегмента ST

Исходная депрессия ST является маркером неблагоприятных кардиальных событий как у пациентов с ИБС, так и без ИБС. В одном ретроспективном анализе показано, что у мужчин без клапанных пороков сердца, с исходной депрессией ST, не связанной с блокадой левой ножки п.Гиса, приемом дигиталиса и гипертрофией левого желудочка, вероятность тяжелой ИБС в 2 раза выше, чем у тех, у кого не было исходной депрессии ST (30 и 16% соответственно). За критерий ишемической реакции на нагрузку у этих мужчин считалась горизонтальная ST-депрессия 2 мм и более от исходного уровня или косонисходящая ST-депрессия не менее 1 мм на отдыхе.

4.7.3. 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.

4.7.4. Блокада правой ножки пучка Гиса (БПНПГ)

Индуцированная нагрузкой депрессия сегмента ST при БПНПГ обычно проявляется в передних грудных отведениях (V_1 –V_3) и не ассоциируется с ишемией. Однако, появление депрессии сегмента ST в левых грудных (V_5–V_6) и нижних (II и AVF) отведениях при БПНПГ аналогично депрессии сегмента ST у пациентов с нормальной ЭКГ покоя. Наличие БПНПГ на ЭКГ покоя не снижает чувствительность, специфичность и предсказательную ценность нагрузочного теста, проводимого с целью диагностики ИБС.

5. ОЦЕНКА РИСКА И ПРОГНОЗА У ЛИЦ С СИМПТОМАМИ ИЛИ УСТАНОВЛЕННОЙ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА [39, 45, 51, 56, 57, 86, 88]

5.1. Показания к проведению теста у пациентов с симптомами или установленной ИБС

Класс I:	1. Первичная оценка прогноза у лиц с вероятной или установленной ИБС, включая пациентов с исходной полной блокадой правой ножки пучка Гиса на ЭКГ покоя или исходной депрессией сегмента ST менее 1 мм. 2. Пациенты с вероятной или установленной ИБС, у которых прогностическая оценка уже была проведена раньше, но на момент обследования имеются значимые изменения в клиническом статусе. 3. Нестабильная стенокардия с низким риском развития инфаркта карда (Таблица 24 на стр. 105) – не ранее чем через 8-12 часов от стабилизации симптомов ишемии и/или сердечной недостаточности (уровень доказательности: B). 4. Нестабильная стенокардия со средним риском развития инфаркта миокарда (Таблица 24) – не ранее чем через 2-3 дня от стабилизации симптомов ишемии и/или сердечной недостаточности (уровень доказа-
Класс IIA:	1. Нестабильная стенокардия со средним риском развития инфаркта миокарда (Таблица 24) при нормальном уровне маркеров повреждения миокарда и отсутствии изменений при повторной регистрации ЭКГ – не ранее чем через 6-12 часов от появления симптомов и при отсутствии данных о продолжающейся ишемии за время наблюдения (уровень доказательности: B).
Класс IIB:	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 или другие нарушения внутрижелудочковой проводимости с продолжительностью QRS более 120 мсек. 2. Клинически стабильные пациенты, которые подвергаются тестированию с целью периодического мониторирования для определения тактики ведения.
Класс III:	1. Пациенты с тяжелым состоянием и/или те, кому планируется реваскуляризация. 2. Нестабильная стенокардия с высоким риском развития инфаркта миокарда (Таблица 24).

5.2. Риск-стратификация: основные соображения

Оценка риска и прогноза является одной из центральных задач врачебной деятельности. В целом, все врачебные решения о тактике ведения пациента основаны на клинической оценке прогноза. При первичной оценке врач собирает стандартные сведения об анамнезе, данных медицинского осмотра и лабораторных исследований. Используя эти сведения, он формулирует предварительный диагноз и оценивает вероятный риск, на основании чего разрабатывает первоначальную стратегию ведения пациента. Эта стратегия подразумевает выделение групп пациентов, которым требуется использование дополнительных неинвазивных методов обследования, или направление на катетеризацию сердца (коронарографию), или дальнейшее динамическое наблюдение. Дополнительная информация, полученная в процессе обследования, может существенно изменить первоначальную

оценку риска и прогноза. Пересмотренный прогноз определяет дальнейшие лечебно-диагностические мероприятия. Каждая встреча врача с пациентом является удобным случаем пересмотреть прогноз и соответственно ему модифицировать план ведения пациента.

Функциональные пробы в настоящее время используются в основном для определения риска сердечно-сосудистых осложнений, в то время как их роль в самой диагностике ИБС вторична [17].

Следует иметь в виду, что риск-стратификация с использованием нагрузочного тестирования должна рассматриваться не изолированно, а являться лишь частью процесса, включающего более легкую и доступную (и часто менее дорогую) информацию, полученную в результате клинического и лабораторного обследования. В связи с этим решение о проведении нагрузочного теста должно приниматься из соображений, насколько его результаты могут изменить оценку риска и повлиять на дальнейшую тактику ведения пациента (насколько оно целесообразно).

Под прогнозом понимается как вероятность выживания пациента, так и снижение вероятности развития инфаркта, ухудшения клинического состояния, функциональных возможностей, а также учет других аспектов, влияющих на качество жизни пациентов. При этом для пациента важна любая из указанных характеристик. Тем не менее, большинство наблюдений концентрируются на взаимосвязи между параметрами, полученными при тестировании, и выживаемостью обследуемых (и реже – со снижением вероятности развития инфаркта миокарда).

Оценка риска неблагоприятных коронарных событий и прогноза базируется на двух основных положениях. Первое: объяснение пациенту вероятных исходов его заболевания должно быть сделано доступно и деликатно. Второе: несмотря на деликатность обсуждения прогноза и сохраняющуюся вероятность быть неправильно понятым пациентом, большинство больных считают эту информацию полезной для себя как в отношении планирования дальнейшей активности в процессе трудовой деятельности и отдыха, так и в отношении планирования своих финансовых расходов. Второе положение особенно важно в тех случаях, когда нагрузочный тест выявляет необходимость дальнейших интервенционных вмешательств на коронарных сосудах.

Место нагрузочного тестирования в тактике ведения пациентов с установленной ИБС или симптомами, позволяющими предполагать ИБС, показано на рисунке 9 (на стр. 123).

5.3. Прогноз при ИБС: основные соображения

ИБС – хроническое заболевание, которое обычно длится десятилетиями. У каждого пациента болезнь имеет некоторую цикличность течения с периодами стабильности и обострения, которые могут проявляться асимптомным и малосимптомным течением ИБС, стабильной стенокардией, нестабильной стенокардией и инфарктом миокарда. Каждое из этих состояний имеет разную прогностическую оценку, однако существуют некоторые общие положения в отношении прогноза у лиц с установленной ИБС.

Основным моментом является то, что вероятность кардиальной смерти у лиц с ИБС может рассматриваться как сумма рисков на момент оценки состояния (текущий прогноз) и как вероятность последующего увеличения или снижения риска (отдаленный прогноз). Текущий риск оценивается с учетом 5 основных параметров (Таблица 25 на стр. 106).

Наиболее важным предиктором выживаемости является состояние функции левого желудочка, а именно – степень повреждения или дисфункции и успешность компенсаторных механизмов. Существует много клинических и лабораторных параметров, оценивающих выраженность дисфункции левого желудочка (Таблица 25). Наиболее часто используется фракция выброса левого желудочка, однако она одна (изолированно) не позволяет полно оценить прогностическую информацию о функции левого желудочка.

Вторая группа прогностических факторов – это анатомическая распространенность и выраженность атеросклеротического поражения коронарного дерева. Наиболее важным признаком является количество пораженных артерий.

Третья группа – данные о наличии нестабильности атеросклеротической бляшки, которые существенно увеличивают риск ближайших неблагоприятных коронарных событий (смерть или нефатальный инфаркт миокарда). Ухудшение клинических симптомов с признаками нестабильности – основной клинический маркер повреждения атеросклеротической бляшки.

Четвертая группа факторов связана с наличием электрической нестабильности миокарда со склонностью к злокачественным желудочковым аритмиям.

Пятая группа прогностических факторов – это общее состояние (возраст) и наличие сопутствующих заболеваний.

Вероятность того, что прогноз ухудшится или улучшится, во многом зависит от исходной выраженности атеросклеротического процесса, наличия у пациента факторов риска атеросклероза (Таблица 25). Пациенты с основными факторами риска (курение, гиперхолестеринемия, диабет и артериальная гипертензия) наиболее склонны к прогрессированию заболевания и его повторным обострениям. Более агрессивное течение заболевания также отмечается у молодых пациентов с клинической картиной «симптомной» ИБС.

По данным патанатомии, ангиографии, ангиоскопии и внутрисосудистой ультразвуковой диагностики в основе патофизиологических процессов, ведущих к коронарной смерти, инфаркту миокарда и нестабильной стенокардии, лежат мелкие повреждения атеросклеротической бляшки, имеющей признаки повышенной уязвимости (ранимости). Уязвимая атеросклеротическая бляшка характеризуется кашицеобразным атеросклеротическим ядром и тонкой фиброзной капсулой. Различные неспецифические факторы могут привести к мелким надрывам капсулы в наиболее уязвимых местах – в области «плеч» атеросклеротической бляшки, что ведет к попаданию содержимого ядра в просвет сосуда с формированием тромбоцитарно-фибринового тромба в области повреждения. Клинически повреждение бляшки может протекать бессимптомно, или у пациента появляются (прогрессируют) симптомы нестабильной стенокардии, развивается инфаркт миокарда или внезапная смерть. В нескольких исследованиях показано, что уязвимая атеросклеротическая бляшка перед разрывом в большинстве случаев выглядит как «ангиографически незначимая» (т.е. – сужает просвет сосуда менее чем на 75%). И наоборот, большинство «ангиографически значимых» бляшек (сужающих просвет сосуда на 75% и более) имеют низкий риск разрыва. В связи с этим возможности нагрузочного тестирования в выявлении уязвимых участков поражения коронарных сосудов ограничены из-за вероятного малого размера бляшки и меньшего ее влияния на ухудшение коронарного кровотока при нагрузке. Этим же можно объяснить появление симптомов острой коронарной недостаточности спустя непродолжительное время после окончания нагрузочного теста, при котором первоначально получен отрицательный результат.

5.4. Риск-стратификация по результатам нагрузочного теста

Основными измерениями, полученными при нагрузочном тестировании и являющимися прогностическими маркерами, являются:

Электрокардиографические:

- Максимальная ST-депрессия
- Максимальная ST-элевация
- Вид ST-депрессии (нисходящая, горизонтальная, восходящая)
- Количество отведений с изменениями ST
- Продолжительность смещения ST на отдыхе
- ST/ЧСС – индекс
- Индуцированные нагрузкой желудочковые аритмии
- Время появления ST-отклонений

Гемодинамические:

- Максимально достигнутая ЧСС
- Систолическое АД на максимуме нагрузки
- ДП на максимуме нагрузки (ЧСС × АД)
- Общая длительность нагрузки
- Гипотензия при нагрузке (ниже преднагрузочного уровня)
- Хронотропная недостаточность

Клинические:

- Индуцированная нагрузкой стенокардия
- Симптомы, лимитирующие нагрузку
- Время появления стенокардии

Учитывая, что нагрузочный тест является диагностической, а не лечебной процедурой, отсутствуют рандомизированные исследования, прямо оценивающие насколько проведение теста (или его непроведение) влияют на прогноз, а также – оценивающие связь вероятных исходов с выбором той или иной стратегии тестирования. Однако результаты тестирования могут привести к изменению последующего лечения, что отразится и на прогнозе, поэтому его влияние на прогноз оценивается косвенно в наблюдательных исследованиях. При этом, говоря об оценке прогноза по результатам нагрузочного теста, подкомитет ACC/AHA по нагрузочному тестированию основывается на тех исследованиях, которые в качестве основного критерия выбирали наиболее неблагоприятные исходы (смерть и смерть плюс нефатальный инфаркт миокарда).

Как уже говорилось, опасность нагрузочного тестирования в отобранных группах пациентов является очень низкой. Поэтому основными аргументами против проведения нагрузочного теста у конкретного пациента обычно является его нецелесообразность – например, что он вряд ли принесет дополнительную информацию, повлияющую на дальнейшую тактику ведения (т.е. повышение стоимости обследования без увеличения его эффективности); или есть высокая вероятность получения ложно-положительного результата, что в свою очередь приведет к избыточности обследования или лечения, что в свою очередь может повысить риск процедуры для пациента.

5.5. 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).

Считается, что результаты нагрузочного тестирования у пациентов с хронической ИБС в большей степени предсказывают риск смерти, чем инфаркта миокарда и коррелируют с наличием и тяжестью ИБС. Как указано в руководствах ACC/AHA по чрескожной баллонной коронарной ангиопластике и коронарному шунтированию, документация нагрузочно- и стресс-индуцированной ишемии является необходимой у большинства пациентов, направляемых на реваскуляризацию.

Тактика ведения пациентов с хронической или вероятной ИБС представлена на рисунке 9.

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, дебилизм) должно проводиться фармакологическое тестирование в комбинации со стресс-визуализирующим.

К параметрам нагрузочного теста, ассоциирующимся с неблагоприятным прогнозом, относятся [46]:

- 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 $\geq$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 V_1 и AVR);
- стенокардия на низкой мощности нагрузки;
- рецидивирующая устойчивая (> 30 секунд) или симптомная желудочковая тахикардия.

Один из основных прогностических маркеров – способность переносить максимальные нагрузки (maximum exercise capacity). В отечественной литературе для описания этой способности используются разные термины: функциональные возможности, толерантность к физическим нагрузкам (ТФН), физическая работоспособность. Эта способность зависит от степени исходной дисфункции левого желудочка и дальнейшего ее усиления, индуцированного нагрузкой. Однако взаимосвязь между ТФН и функцией левого желудочка является комплексной, так как на функциональные возможности влияют такие факторы как возраст, общее физическое состояние, сопутствующие болезни и психологический статус (особенно, наличие депрессии).

Для оценки ТФН могут использоваться несколько параметров, включая максимальную продолжительность теста, максимально достигнутый уровень МЕТ и мощность нагрузки, максимальную ЧСС, хронотропную некомпетентность и двойное произведение. Преимуществом оценки выполненной нагрузки в МЕТ является возможность сравнивать результаты разных тестирований, независимо от вида теста и выбранного протокола. МЕТ является усредненной величиной и не является таким точным и индивидуализированным для конкретного пациента, как прямое определение МПК, так как перевод выполненной нагрузки в единицы потребления кислорода базируется на аппроксимациях. Однако прогностическое значение выполненной нагрузки изучено именно на оценке выполненной нагрузки в МЕТ, в то время как прямое определение МПК с прогностическими целями на большом количестве пациентов с болевым синдромом в грудной клетке – не изучалось.

Ограничение физической работоспособности (maximal work capacity) у пациентов с установленной или вероятной ИБС ассоциируется с повышением риска развития неблагоприятных кардиальных событий и, в целом, с более тяжелыми функциональными ограничениями, более распространенной ИБС и худшим прогнозом.

Для оценки динамики изменений функциональных возможностей при проведении серии тестирований у одного пациента следует учитывать вид протоколов, которые использовались при каждом очередном тестировании (предпочтительно использовать один и тот же протокол); медикаментозное лечение, используемое на момент тестирования, и время приема препаратов; исходный уровень АД при каждом тестировании, а также – другие состояния, которые могут повлиять на результаты теста. Все это должно быть учтено перед формированием заключения о произошедшем изменении функциональных возможностей вследствие прогрессирования ИБС или ухудшения систолической функции левого желудочка. Выраженное снижение ТФН обычно является отражением значимого ухудшения кардиального статуса, в то время как умеренное ее снижение – вряд ли.

Деление пациентов с ИБС на 4 функциональных класса (ФК), основанное на выполненной нагрузке в ваттах, прямом определении МПК и двойном произведении, предложенное Д.М. Ароновым и соавт. [8, 9, 23], представлено в таблице 26 (на стр. 107). Это деление положено в основу классификации стенокардии и оценки трудоспособности пациентов с ИБС по результатам ВЭМ, а также – всех отечественных разработок по их реабилитации. На основе этой классификации принято пациентов с ИБС делить на 4 уровня ТФН: очень низкую, низкую, среднюю и высокую, соответствующих 4, 3, 2 и 1 фукциональным классам. По мнению В.Э. Кудряшева и соавт. [20], деление пациентов на ФК по уровню выполеннной нагрузки в МЕТ является универсальным и может использоваться для оценки тяжести состояния пациентов не только с коронарной недостаточностью, а описательная характеристика переносимости нагрузок (очень низкая, низкая, средняя, высокая) является излишней: «…следует избегать таких клинически аморфных терминов, как «функциональная способность» или «толерантность к нагрузке» (разумеется, можно пользоваться и этими терминами, например «толерантность высокая – I ФК», но нужно ли?» (конец цитаты). С мнением авторов трудно не согласиться, учитывая, что функциональная классификация пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями Нью-Йоркской кардиологической ассоциации (NYHA) использует аналогичную градацию пациентов на функциональные классы по уровню МЕТ, независимо от нозологии сердечной болезни [91].

Деление пациентов с ИБС и гипертонической болезнью (или их сочетанием) на 4 ФК на основе МПК, определенного косвенным способом, позволило нам разделить обследуемых на разные ФК по таким показателям ВЭМ, как достигнутая мощность нагрузки в Вт, в Вт/кг, в МЕТ, а также – по индексу экономичности и двойному произведению (Таблица 27 на стр. 108). Полученные нами результаты свидетельствуют, что при оценке ФК пациентов необходимо учитывать пол обследуемого [34].

Вторая группа прогностических маркеров связана с индуцированной нагрузкой ишемией миокарда. К ним относятся: индуцированная нагрузкой депрессия сегмента ST, индуцированный нагрузкой подъем сегмента ST (в отведениях без патологического Q и не в AVR) и спровоцированная нагрузкой стенокардия. В большом количестве исследований показано, что отклонения сегмента ST (элевация или депрессия) являются наиболее прогностически значимыми в отношении прогноза. Другие менее значимые факторы – это количество отведений со значимым смещением сегмента ST, вид депрессии (нисходящая, горизонтальная и восходящая) и продолжительность сохраняющегося отклонения сегмента ST на отдыхе.

Для оценки прогноза у пациентов с вероятной или установленной ИБС предлагается несколько подходов, наиболее широкое распространение из которых получил подсчет баллов, предложенный D.B. Mark и соавт. [73, 74] и называемый тредмил-индексом Университета Дюка (Duke tredmil 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 МЕТ предлагается следующая шкала соответствия: 0-3-6-9-12-15-18 минут соответственно равны 0-5-7-10-13-15-17 МЕТ [46];
>
> - отклонение сегмента ST измеряется в точке, расположенной на расстоянии от 60 до 80 мсек 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 28 (на стр. 109).

Оценка риска летального исхода по тредмил-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.

Достоинством тредмил-индекса является его одинаковая прогностическая ценность как у мужчин, так и у женщин. Его использование ограничено у лиц пожилого возраста, так как в указанном исследовании их количество было небольшим.

В последующем результаты прогностической оценки с использованием тредмил-индекса Дюка были подтверждены в нескольких исследовательских центрах с общим количеством пациентов 613 человек, из которых уже не всем проводилась коронарография.

Прогностическое значение тредмил-теста у пожилых (65 лет и старше) изучено в клинике Майо [59]. У них риск смерти от всех причин ассоциировался с низким уровнем МЕТ, а риск сердечно-сосудистой смерти – с низким уровнем МЕТ в сочетании со стенокардией.

По данным K. Morrow и соавт. [78], наличие сердечной недостаточности, прием дигоксина, а также – неадекватная реакция систолического АД (снижение ниже преднагрузочного уровня, отсутствие его повышения, повышение менее чем на 40 мм рт.ст.) ассоциируются с увеличением риска смерти в течение года до 15%.

Несколько исследований отмечают высокую прогностическую ценность и других параметров нагрузочного тестирования. Так, хронотропная некомпетентность (неспособность достигнуть 80-85% расчетной максимальной возрастной ЧСС) или низкий хронотропный индекс (ЧСС, соотнесенная с уровнем МЕТ) ассоциировались с 84% увеличением риска смерти от всех причин в течение 2-х лет при наблюдении за 1877 мужчинами и 1076 женщинами, которым был проведен симптом-ограниченный тест с таллием [70, 71]. Следует иметь в виду, что хронотропная некомпетентность оценивается только по результатам максимального теста, а в тех случаях, когда нагрузка прекращена из-за недостаточной мотивации пациента, или вследствие причин, ограничивающих возможность пациента к выполнению нагрузки, она не должна использоваться для оценки прогноза (тест считается неинформативным).

Замедленное восстановление ЧСС после нагрузки (снижение ЧСС через 1 минуту после прекращения нагрузки $\leq$ 12 уд/мин в сравнении с ЧСС на пике нагрузки; или $\leq$ 18 уд/мин, если ЧСС оценивается в горизонтальном положении) ассоциировалось со значимым увеличением смертности от всех причин к 6-му году наблюдения за 2428 пациентами, подвергшимся нагрузочному тестированию с таллием [47]. Прогностическое значение этого показателя сохраняется независимо от уровня выполненной нагрузки, использования ß-блокаторов, тяжести ИБС, функции левого желудочка, хронотропной некомпетентности, тредмил-индекса Дюка, наличия или отсутствия стенокардии и смещения ST при нагрузке. В последующем его прогностическая значимость подтвердилась еще в нескольких исследованиях, в том числе (как и тредмил-индекс Дюка) – и на асимптомных пациентах.

Отсроченный систолический ответ (систолическое АД на 3-й минуте отдыха / систолическое АД на 1-й минуте отдыха > 1) ассоциируется с тяжелой ИБС [76].

Несмотря на то, что многие пациенты со значимой ИБС не способны превысить уровень ДП>250, это значение ДП не может быть использовано в качестве диагностического маркера ИБС, так как ДП<250 часто встречается и у здоровых лиц. Более того, прием кардиоактивных препаратов значимо изменяет ответ ДП на нагрузку.

5.6. Безболевая ишемия миокарда

Данные разных исследователей о влиянии на прогноз безболевой ишемии миокарда противоречивы.

Три крупных популяционных исследования, проведенных у лиц с высокой предтестовой вероятностью ИБС, не выявили прогностических различий между группами безболевой и болевой депрессии сегмента ST [53].

Более того, М.Л. Поллок и Д.Х. Шмидт [16] считают, что бессимптомная ишемия миокарда связана с более благоприятным прогнозом, чем симптомная. По их мнению, безболевая ишемия отражает менее значимый характер поражения коронарных сосудов, чем болевая и «в целом, безболевую ишемию можно считать положительным явлением, поскольку ишемия – лучший «производитель» коллатералей, и если она не сопровождается болевыми ощущениями, люди могут выполнять более высокую нагрузку, ускоряя производительность коллатералей» (конец цитаты).

На настоящий момент считается, что у пациентов с документированной ИБС ишемическая депрессия сегмента ST является фактором неблагоприятного прогноза независимо от того, сопровождается она стенокардией или нет. По данным банка данных CASS, 7-летняя выживаемость пациентов с безболевой и болевой ишемией миокарда была сопоставима при исходно одинаковых в обеих группах поражении коронарного русла и систолической функции левого желудочка, а худший прогноз отмечался у пациентов с большей распространенностью поражения коронарных сосудов [46].

Таким образом, нет оснований лечить пациентов с безболевой ишемией более интенсивно, чем тех, у кого депрессия сегмента ST сопровождается стенокардией [16, 53].

5.7. Коррекция лечения по результатам нагрузочного теста

Пока недостаточно данных, сопоставляющих эффективность альтернативных способов медикаментозного лечения у пациентов с хронической ИБС, относящихся по результатам нагрузочного теста к разным группам риска. То есть, результат теста не может быть определяющим в выборе той или иной комбинации медикаментов. Однако он может быть использован для титрования доз препаратов до желаемого уровня. Кроме того, результат теста может выявить необходимость дальнейшего обследования (стресс-визуализирующих методик или коронарографии), решение о котором должно приниматься врачом с учетом предпочтений пациента и наличия сопутствующих заболеваний. При этом пациентам с тяжелыми сопутствующими заболеваниями проведение коронарографии не рекомендуется независимо от результатов тестирования из-за высокой вероятности плохого прогноза при реваскуляризации.

5.7.1. Методика проведения парных проб [25]

Парные тесты проводятся для оценки эффективности лечения. Мощность нагрузки обычно рассчитывается таким образом, чтобы проба продолжалась 3-6 минут и завершалась по клиническим или ЭКГ-критериям. Для этого в предшествующие дни дается пробная нагрузка (2-3 пробных ВЭМ на фоне отмены терапии), чтобы найти ту мощность, начиная с которой проба уже через 3-6 минут приводит к приступу стенокардии или депрессии сегмента ST на 1 мм. Это и будет начальная мощность парного теста. Обе части теста проводятся в один день. Первая часть проводится на фоне отмены терапии. После прекращения теста по ЭКГ или клиническим критериям, больной принимает исследуемый препарат и на фоне максимума его действия (обычно через час от приема нитратов и плацебо и через 2 часа от приема других препаратов) проводится вторая часть пробы, с той же начальной мощностью и с тем же приращением от ступени к ступени. Вторая часть парного теста может продлиться дольше, если лекарство окажется эффективным и идентичные критерии прекращения нагрузки в первые 3-6 минут не появятся. Разовая доза медикамента считается эффективной, если после ее приема время до снижения сегмента ST или появления приступа стенокардии увеличилось на 2 минуты и больше.

5.8. 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 24. 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 неизмененной ЭКГ покоя.

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.

По данным ряда исследований, проведенных у пациентов с нестабильной стенокардией с низким и средним риском развития инфаркта миокарда, раннее нагрузочное тестирование считается, с одной стороны, достаточно безопасным, с другой – полезным с целью выявления групп пациентов, подлежащих направлению на реваскуляризацию. Так, о безопасности раннего нагрузочного тестирования свидетельствует тот факт, что частота развития инфаркта миокарда или смерти в первые 24 часа от проведения теста при обследовании 632 пациентов с нестабильной стенокардией, состояние которых к моменту проведения теста стабилизировалось, составила 0,5% [89].

Следует иметь в виду, что не всякая боль в груди, первоначально расцененная врачом как проявление нестабильной стенокардии, является таковой в действительности. По данным американских центров, созданных для быстрой стратификации пациентов с болью в груди на группы риска, среди пациентов, отнесенных по клиническим, лабораторным и ЭКГ-данным к низкому риску, распространенность ИБС составляет не более 5%, соответственно – риск нагрузочного теста у этих пациентов минимален.

Польза раннего нагрузочного тестирования продемонстрирована в исследовании H. Larsson и соавт. [69], где авторами показано, что проведение симптом-ограниченного теста у пациентов с нестабильной стенокардией и не-Q инфарктом миокарда перед выпиской из стационара (на 3-7 день) в сравнении с проведением отсроченного теста (через 1 месяц) позволяет выявить тех пациентов, у кого неблагоприятные исходы наступили как раз в течение этого 1 месяца. Кроме того, из всех неблагоприятных событий, произошедших с пациентами в указанном исследовании в течение 1 года, половина случилась именно в первый месяц.

У пациентов с низким риском развития инфаркта миокарда при отрицательном результате нагрузочного теста риск развития неблагоприятных кардиальных событий в течение ближайших 6 месяцев составляет менее 1% [46].

Основными предикторами развития летального исхода или инфаркта миокарда в течение 1 года у пациентов с нестабильной стенокардией и не-Q инфарктом миокарда являются: количество отведений с ишемической депрессией сегмента ST и достигнутая мощность нагрузки [82].

Появление безболевой депрессии сегмента ST у пациентов с нестабильной стенокардией, в отличие от таковой у пациентов со стабильным течением ИБС, считается прогностически неблагоприятным фактором [53].

Депрессия сегмента ST у пациентов с не-Q-инфарктом миокарда ассоциируется с более высоким риском кардиальной смерти, чем у пациентов с Q-инфарктом миокарда.

Подкомитет ACA/ACC 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.

5.9. Тестирование пациентов с острым инфарктом миокарда

5.9.1. Показания к проведению нагрузочного теста

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 неделя)*. * – за исключением ситуаций, отмеченных в классах IIB и III.
Класс IIA:	После выписки у пациентов, подвергшихся коронарной реваскуляризации – для оценки объема двигательной активности и/или физических тренировок как части реабилитационных программ.
Класс IIB:	1. 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 противопоказний (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.

Вместе с изменением клинического представления о постинфарктных пациентах из-за широкого использования тромболитиков, β-блокаторов и ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента, развития реваскуляционных технологий, сокращения продолжительности стационарного лечения, роль нагрузочного тестирования у этих пациентов также была пересмотрена. Не каждый из пациентов с острым инфарктом миокарда получает все из указанных видов лечения, соответственно – группа постинфарктных пациентов является гетерогенной. По данным нескольких крупных исследований те пациенты, которые не способны к выполнению нагрузочного теста в первые 28 дней от инфаркта миокарда из-за нестабильной стенокардии, некомпенсированной сердечной недостаточности, неконтролируемой аритмии, ортопедических, сосудистых или неврологических расстройств, имели более неблагоприятный прогноз, чем те, кому тестирование было проведено.

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 указаны в разделе 2. 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.

5.9.2. Время проведения теста и используемые протоколы

Место нагрузочного теста в определении тактики ведения пациентов с острым инфарктом миокарда представлено на рисунке 10 (на стр. 124).

Нагрузочные тесты при инфаркте миокарда рекомендуется проводить перед выпиской пациента из стационара. За рубежом это – 4-7 день неосложненного инфаркта миокарда, в нашей стране обычно – не ранее 14 дня. Вероятность развития нефатальных осложений (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, а в более поздние сроки (3-6 неделя) – симптом-ограниченный. Основной принцип выбора нагрузки при субмаксимальном тесте заключается в том, что 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;
- степень утомления – не выше 7 баллов по 10-уровневой шкале Борга (или 13-15 баллов по 15-уровневой шкале) [53];
- достигнутое систолическое АД не должно превышать 200 мм рт.ст. [9].

Критерии прекращения нагрузки при симптом-ограниченном тесте аналогичны тем, что используются при тестировании пациентов с вероятной/установленной ИБС, при этом (по нашему мнению) относительные показания для прекращения нагрузки у постинфарктных пациентов считаются абсолютными.

Прогностическая ценность симптом-ограниченного теста, проведенного на 3-6 неделе от ОИМ, мало отличается от раннего субмаксимального теста. Поэтому основная цель его проведения – 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 ß-блокаторы и ингибиторы АПФ. Хотя ß-блокаторы при проведении теста могут отсрочить ишемический ответ, они не мешают выявлению низких функциональных возможностей как маркера неблагоприятного прогноза и не должны отменяться перед проведением раннего субмаксимального теста.

5.9.3. Риск-стратификация и прогноз

Прогноз у пациентов, перенесших ОИМ, продолжает улучшаться, особенно у тех, кому проведена реваскуляризация за время госпитализации (например, при проведении тромболизиса летальность через 1 год составляет 3,6 – 3,7%). Низкий уровень неблагоприятных коронарных событий в течение года у этих пациентов ограничивает предсказательную точность раннего нагрузочного теста. Информация о возможностях раннего нагрузочного теста в риск-стратификации пациентов, не подвергшихся реперфузии, на настоящих момент также ограничена.

По данным крупных исследований наиболее высокий риск смерти в течение года отмечается у тех лиц, кому ранний нагрузочный тест не был проведен из-за наличия противопоказаний (до 9,3% против 2,3% у тех, кто подвергся тестированию).

А среди тех, кому тест был проведен, неблагоприятными в отношении годичной выживаемости являются:

- неспособность выполнить ранний субмаксимальный тест;
- отсутствие повышения или снижение систолического АД на фоне нагрузки, а также – его повышение менее чем на 30 мм рт.ст. или менее 110 мм рт.ст. при симптом-ограниченном тестировании;
- стенокардия или индуцированная нагрузкой депрессия сегмента ST при малой мощности нагрузки (менее 5 МЕТ или менее 75-90 вт).

Если в дотромболитическую эру депрессия сегмента ST ассоциировалась с более высоким уровнем годичной летальности, то в настоящее время оценить ее значимость на прогноз сложнее, так как обычно пациенты с выявленной при тестировании депрессией сегмента ST направляются на хирургическую реваскуляризацию. Ангиографическими исследованиями подтверждено более значимое поражение коронарных сосудов у пациентов с нагрузочной депрессией сегмента ST после инфаркта миокарда, чем у тех, у кого ишемия не регистрируется. Тем не менее, положительная предсказательная ценность депрессии сегмента ST ($\geq$ 1 мм) в оценке риска развития повторного инфаркта миокарда или смерти в течение года является низкой: 8% – у пациентов после тромболизиса и 18% – у пациентов без тромболизиса.

У пациентов с Q-инфарктом миокарда (в отличие от не-Q-инфаркта миокарда) неблагоприятным для прогноза является неспособность достигнуть систолического АД более чем 110 мм рт.ст.

По данным исследования GISSI-2, ДП $\leq$ 217 является независимым предиктором 6-месячной летальности у пациентов с инфарктом миокарда, в лечении которых использовался тромболизис.

Способность выполнить нагрузку на уровне 5-6 МЕТ (75-90 вт) при ЧСС не более 70-80% от максимальной возрастной при отсутствии патологических реакций ЭКГ и АД на нагрузку ассоциируется с 1-2% летальностью в течение года и определяет возможность ранней выписки из стационара.

5.9.4. Рекомендуемая активность и реабилитационные программы

Рекомендации по двигательной активности пациентам после острого инфаркта миокарда основываются на существующих таблицах энергетических затрат при различных видах деятельности, подробно представленных как в отечественных, так и зарубежных руководствах по нагрузочному тестированию [1, 27, 53]. Однако, следует иметь в виду, что эти затраты зависят от интенсивности выполнения нагрузок и могут существенно отличаться от приводимых в таблицах. Так как большинство обычных бытовых нагрузок не превышают уровня 5 МЕТ, отрицательный результат раннего субмаксимального теста подразумевает возможность их выполнения. Обычно и профессиональная деятельность не превышает уровня 5 МЕТ и только у 15% пациентов она связана с тяжелым физическим трудом. Тем не менее, результаты нагрузочного тестирования не должны использоваться в качестве единственного критерия для рекомендации возвращения к работе. Должны учитываться и те факторы, которые не могут быть оценены при рутинном нагрузочном тесте: энергетические затраты при подъеме тяжестей, при различных погодных, экологических и психологических условиях.

Реабилитационные программы являются неотъемлемой частью ведения пациентов, перенесших инфаркт миокарда. Бесспорным фактом является значимое сокращение кардиальной смерти (на 20-25%) у пациентов, включенных в эти программы. Тренирующие физические нагрузки способствуют повышению функциональных возможностей пациентов на 11 и 66% соответственно через 3 и 6 месяцев тренировок с наилучшими результатами у тех, кто исходно был наименее физически подготовлен.

Перед началом тренирующих программ пациенту (как после инфаркта миокарда, так и после ангиопластики, стентирования, аорто-коронарного шунтирования, а также – при стабильной стенокардии и контролируемой сердечной недостаточности) должен быть проведен симптом-ограниченный тест. Последующее тестирование стабильных пациентов обычно проводится через 8-12 недель тренировок с дальнейшими периодическими повторениями, хотя нет никаких доступных исследований, позволяющих оценить его ценность. Такое периодическое тестирование может быть полезным для коррекции медикаментозного лечения, для оценки улучшения функциональных возможностей и для улучшения взаимосвязи с пациентом.

5.10. Реваскуляризация и нагрузочное тестирование

5.10.1. Показания к проведению нагрузочного теста

Класс I:	1. Подтверждение ишемии перед реваскуляризацией. 2. После реваскуляризации – оценка пациентов с симптомами, позволяющими предполагать наличие ишемии.
Класс IIA:	После выписки у пациентов, подвергшихся коронарной реваскуляризации – для оценки объема двигательной активности и/или физических тренировок как части реабилитационных программ.
Класс IIB:	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.

5.10.2. Нагрузочное тестирование перед реваскуляризацией

Пациенты, направляемые на реваскуляризацию, должны иметь подтверждение наличия ишемизированного или жизнеспособного миокарда, особенно если они не имеют симптомов ИБС. Зачастую это требует более чувствительного метода, чем нагрузочное тестирование, особенно – при однососудистом поражении, и особенно – если реваскуляризируемый сосуд кровоснабжает заднюю стенку. Нагрузочное тестирование не может быть использовано с целью уточнения места стенозирования сосуда. Нагрузочное тестирование полезно для уточнения исходных функциональных возможностей у пациентов, как направляемых на реваскуляризацию, так и на оперативное лечение клапанных пороков.

5.10.3. Нагрузочное тестирование после реваскуляризации

Нагрузочное тестирование после реваскуляризации преследует 2 цели: в ранние сроки оно проводится для оценки эффективности проведенного вмешательства, а 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, т.е. – аналогично тому, как указано выше в разделах 5.5.-5.7 и 5.9.4.

5.10.4. Нагрузочное тестирование после аортокоронарного шунтирования

Максимальное тестирование обычно проводится не ранее чем через 6 недель после операции аортокоронарного шунтирования (АКШ). У пациентов с болевым синдромом в грудной клетке оно может быть использовано с целью дифференциальной диагностики между болью, обусловленной самой операцией, и стенокардитической болью из-за неполной реваскуляризации или коронарной окклюзии. Степень уменьшения миокардиальной ишемии и улучшения аэробных возможностей после АКШ зависит от уровня достигнутой реваскуляризации и функции левого желудочка. Индуцированная 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 нешунтированных сосудах.

Следует иметь в виду, что после АКШ интерпретация ЭКГ при нагрузке представляет определенные сложности, так как часто пациенты имеют исходные изменения ЭКГ. Поэтому, при отсутствии возможности использовать стресс-визуализирующие методики, необходимо акцентировать внимание на клинической картине, реакции гемодинамики и оценке функциональных возможностей пациента. 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 симптомов ИБС, есть вероятность развития безболевой ишемии миокарда, особенно – у пациентов с венозными шунтами. Если после АКШ вместо дооперационного явно положительного результата нагрузочного теста будет получен отрицательный результат, это свидетельствует об эффективности реваскуляризации. Однако, в исследованиях по сравнению прогностической ценности нагрузочного тестирования и фракции выброса левого желудочка, именно последняя коррелировала с отдаленными исходами, а не результаты нагрузочного теста. Это объясняется меньшей чувствительностью нагрузочного тестирования в выявлении ишемии в сравнении со стресс-визуализирующими методиками. У пациентов, не имеющих после успешной 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 дальнейшего прогрессирования заболевания, а именно – через 5-10 лет после операции, особенно при наличии типичных ишемических симптомов или состояний, способствующих быстрому прогрессированию атеросклероза: диабета, при гемодиализе и лечении иммунодепрессантами.

Таким образом, у этой группы пациентов наиболее предпочтительными считаются стресс-визуализирующие методики, хотя пока недостаточно данных, чтобы рекомендовать их проведение с конкретной периодичностью.

5.10.5. Нагрузочное тестирование после чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ)

Главное ограничение использования ЧКВ – развитие рестенозов. К сожалению, диагностировать рестеноз после ЧКВ по клиническим симптомам сложно, так как сама процедура у многих пациентов вызывает кардиалгии, которые трудно дифференцировать со стенокардитической болью. С другой стороны, после ЧКВ часто выявляются безболевые рестенозы: у 25% асимптомных пациентов при проведении нагрузочного теста регистрируется безболевая ишемия, прогностическое значение которой недостаточно определено. Поэтому считается целесообразным проводить нагрузочный тест после ЧКВ избирательно, а именно – пациентам высокого риска: со сниженной систолической функцией, с многососудистым поражением, проксимальным поражением передней межжелудочковой артерии, эпизодами внезапной смерти в анамнезе, диабетом, субоптимальным результатом ЧКВ и тем, чья профессиональная деятельность связана с нагрузками высокой интенсивности и опасностью для окружающих.

Оптимальное время проведения нагрузочного теста после ЧКВ зависит от успешности процедуры и степени достигнутой реваскуляризации. В некоторых зарубежных центрах нагрузочный тест используется в первые 3 суток после процедуры с целью оценки ее эффективности и возможности возвращения к привычной двигательной активности. Однако безопасность такого раннего тестирования не доказана, теоретически – нагрузка может спровоцировать коронарную окклюзию при сохраняющейся нестабильной атеросклеротической бляшке.

У асимптомных пациентов нагрузочный тест целесообразно проводить через 3-6-12 месяцев после процедуры. Этого времени достаточно для того, чтобы дилатированный сосуд смог зажить, а в случае развития рестеноза – его можно будет документировать. Если после ЧКВ в первые 6 месяцев при повторных тестированиях первоначально нормальный результат теста становится положительным, особенно при низких уровнях нагрузки, это ассоциируется с рестенозом дилатированного сосуда.

Риск рестеноза после чрескожной реваскуляризации зависит от времени, прошедшего после операции. Рестеноз стента обычно появляется в первые 12 месяцев после ЧКВ, при этом его вероятность существенно снижается 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. То есть, нагрузочная ЭКГ в раннем периоде после ЧКВ

обладает низкой диагностической точностью в выявлении рестенозов или неполной дилатации сосуда (чувствительность – от 40 до 55%). Низкая чувствительность ЭКГ объясняется в частности тем, что у этой категории лиц чаще встречается однососудистое поражение.

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.

6. ОСОБЕННОСТИ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В ОТДЕЛЬНЫХ ГРУППАХ ОБСЛЕДУЕМЫХ (46, 53, 57)

6.1. Тестирование у женщин

У женщин диагностическая значимость индуцированной нагрузкой депрессии сегмента ST в выявлении коронаростеноза ниже, чем у мужчин. По результатам мета-анализа 19 ЭКГ-исследований [68] у женщин чувствительность ишемического смещения сегмента ST ($\geq$ 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 $\geq$ 60 лет столь же значима для прогноза, как у мужчин, диагностика ИБС и у них представляет значительные трудности: в исследовании CASS почти половина женщин младше 65 лет с симптомами ИБС имели нормальные коронарограммы.

Существует несколько механизмов, объясняющих высокую частоту ложно-положительной 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.

Учитывая существенно более низкую специфичность нагрузочного тестирования у женщин, следует обратить внимание на 2 фактора. Во-первых, необходима тщательная оценка характера болевого синдрома в грудной клетке; во-вторых, диагноз ИБС является высоковероятным при сочетании депрессии сегмента ST и типичной стенокардии по сравнению с атипичными болями или их отсутствием.

С одной стороны, диагностическая ценность нагрузочного теста в выявлении ИБС у женщин не столь значима, как у мужчин, но с другой – у женщин с документированной ИБС нагрузочное тестирование (с учетом клинических и ЭКГ-параметров теста) позволяет выявить пациенток с низким и высоким риском неблагоприятного исхода. Так, в одном из исследований 976 женщин с симптомами ИБС, которым проводилось нагрузочное тестирование и коронарография, низкий, средний и высокий риск по тредмил-индексу Дюка ассоциировался с $\geq$75% коронаростенозом в 19, 35 и 89% случаев соответственно. Частота трехсосудистого поражения ($\geq$75%) или стеноза ствола левой коронарной артерии было у 4, 12 и 46% соответственно. В ретроспективном популяционном исследовании 1452 мужчин и 741 женщин, индуцированная нагрузкой стенокардия, ишемические изменения ЭКГ и уровень выполненной нагрузки ассоциировались с ростом кардиальной смерти и смерти от всех причин независимо от пола обследуемых. Взаимосвязь между уровнем нагрузки и кардиальными событиями была линейной, при этом увеличение нагрузки на каждые 1 MET ассоциировалось с 20-25% сокращением риска смерти и неблагоприятных кардиальных событий. В другом исследовании сравнивался 2-летний уровень смертности у 976 женщин и 2249 мужчин: у женщин он оказался равным 1, 2.2 и 6%, а у мужчин – 1.7, 5.8 и 16.6% соответственно при низком, среднем и высоком риске по тредмил-индексу Дюка [46].

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 (Таблица 22 на стр. 103), 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 (см. раздел 5.5).

6.2. Диагностика ИБС и прогноз у пожилых пациентов

«Пожилыми» считаются лица старше 65 лет. Они делятся на 3 возрастные группы: 65-75 лет, 75-85 лет и > 85 лет. Существует ограниченное количество исследований результатов нагрузочного тестирования у лиц старше 85 лет, а у лиц старше 75 лет – мало данных относительно пользы нагрузочного тестирования в диагностике ИБС и оценке прогноза. Хотя ангиографические данные подтверждают более высокий риск и выраженность ИБС у лиц пожилого возраста, их количество ограничено в возрастной группе старше 75 лет, а в исследованиях по оценке прогноза очень пожилые лица просто не включались.

Как указывалось выше, МПК у малоподвижных лиц снижается на 8-10% каждые 10 лет с двукратным сокращением аэробных возможностей к 80-летнему возрасту в сравнении с 30-летним. Распространенность и риск ИБС увеличиваются с возрастом. У лиц старше 75 лет распространенность ИБС составляет 1.8% у мужчин и 1.5% у женщин. ИБС у пожилых часто является безболевой: у 80-летних немая ишемия диагностируется в 15% случаев. Более высокая распространенность и выраженность коронаростеноза у пожилых повышает чувствительность нагрузочного теста (84%), несколько снижая его специфичность (70%). Вероятность получения ложноположительного результата увеличивается как из-за сопутствующей гипертрофии левого желудочка (вследствие клапанных пороков и артериальной гипертензии), так и из-за нарушений проводимости.

Хотя у пожилых риск коронарографии выше и, соответственно, коронарное вмешательство менее оправдано, роль нагрузочного тестирования остается важной если не для отбора пациентов на коронарографию, то для оценки проводимого медикаментозного лечения, которое само по себе может повышать риск в этой группе обследуемых.

Проведение нагрузочного тестирования у пожилых осложняется тем, что с возрастом снижается способность к выполнению динамических нагрузок из-за общей детренированности, отсутствия или потери навыков вращения педалей, из-за появляющихся нарушений походки и координации. Эти же причины приводят к затруднению оценки функциональных возможностей у этой группы лиц. Велоэргометрия считается менее физиологичным видом нагрузки для пожилых, но предпочтительна для тех, кто страдает нарушениями координации. Тредмил более опасен из-за возможности получения травм. Кроме того, опасаясь потерять равновесие, пожилые лица сильно сжимают поручни тредмила, что приводит к затруднению оценки нагрузки в МЕТ из-за нарушения соответствия шкалы «продолжительность нагрузки в минутах-МЕТ». Поэтому, решение о том, какой вид теста провести – тредмил, ВЭМ или фармакологический тест, является более актуальным у пожилых в сравнении с молодыми лицами.

Протокол нагрузки должен быть подобран соответственно аэробным возможностям пациента. Предпочтительнее протоколы с исходно низкой мощностью и малыми ступенями повышения нагрузки.

Интерпретация результатов тестирования у пожилых и молодых лиц не имеет существенных отличий. У пожилых лиц дополнительно к ST-критериям важное значение имеют: реакция ЧСС на нагрузку, индуцированные нагрузкой аритмии и оценка функциональных возможностей. С возрастом увеличивается количество аритмий, особенно при увеличении мощности нагрузки. Однако прогностическое значение имеют только те аритмии, которые сопровождаются признаками ишемии. Хронотропная некомпетентность (неспособность достигнуть 85% от максимальной возрастной ЧСС) у пожилых лиц встречается существенно чаще, чем у молодых, а ее сочетание с гипотензивной реакцией на нагрузку еще более неблагоприятно для прогноза, чем у молодых. У пожилых лиц часто встречается гипертензивная реакция АД на нагрузку. Наличие бессимптомной депрессии ST у пожилых лиц не ассоциируется с высоким риском неблагоприятных событий, а положительная предсказательная ценность этого симптома увеличивается при учете других параметров нагрузочного теста и пошаговом подходе в диагностике ИБС, предполагающем использование стресс-визуализирующих методик. У лиц 75 лет и старше оценка риска по тредмил-индексу Дюка менее эффективна в оценке прогноза, в том числе из-за того, что большинство тестируемых относятся к среднему риску, так как не могут выполнять нагрузку достаточно длительно, чтобы попасть в группу с низким риском.

В одном из крупных исследований пациентов 65 лет и старше (Olmstead study) показано, что только уровень выполненной нагрузки (МЕТ) ассоциируется с риском смерти от всех причин, в то время

как его сочетание с индуцированной нагрузкой стенокардией ассоциируется с повышенным риском кардиальной смерти и нефатального инфаркта миокарда.

6.3. Артериальная гипертензия

Пациенты с артериальной гипертензией часто имеют исходные изменения ЭКГ (признаки гипертрофии левого желудочка с перегрузкой) и миокардиальную гипертрофию, что может явиться причиной ложно-положительной депрессии сегмента ST. Кроме того, тяжелая артериальная гипертензия даже при отсутствии атеросклероза коронарных сосудов способствует ухудшению субэндокардиальной перфузии и может явиться причиной депрессии сегмента ST при нагрузке у тех пациентов, у кого исходные изменения ST-T отсутствуют.

У пациентов с трудно контролируемой медикаментозно артериальной гипертензией высоковероятны патологические гипертонические реакции на нагрузку. Блокаторы кальциевых каналов и ß-блокаторы у многих пациентов с артериальной гипертензией снижают реакцию систолического АД на нагрузку. У лиц с плохо контролируемой медикаментозно артериальной гипертензией отмечается снижение толерантности к физическим нагрузкам.

Нагрузочное тестирование предлагается как способ выявления лиц с лабильными гипертензивными реакциями на нагрузку или тех, у кого вероятно развитие артериальной гипертензии, а также – инсульта в будущем, однако целесообразность проведения теста с этими целями требует дальнейшего подтверждения.

Риск развития артериальной гипертензии. У исходно нормотензивных пациентов избыточность повышения систолического и диастолического АД на нагрузку (рис. 3), систолическое АД > 214 мм рт.ст. на пике нагрузки при тредмил-тесте, а также повышение систолического АД или диастолического АД к 3-й минуте восстановительного периода ассоциируется со значимым увеличением риска развития артериальной гипертензии в ближайшие 4-8 лет.

Риск инсульта. У мужчин 42-60 лет, не имеющих в анамнезе ИБС, инсульта и не принимающих гипотензивных средств, при непрерывно-возрастающем симптом-ограниченном тесте на велоэргометре отношение достигнутого систолического АД к продолжительности теста в минутах >19.7 мм рт.ст./минуту ассоциировалось с 2.3-кратным повышением риска развития инсульта в течение ближайших 10 лет в сравнении с теми, у кого оно было <16.1 мм рт.ст./минуту. Отношение систолического АД на 3-й минуте восстановительного периода к максимальному систолическому АД при нагрузке, превышающее 0.95, ассоциировалось у этих мужчин с 4.6-кратным ростом риска инсульта в сравнении с теми, у кого это отношение было <0.85 [67].

6.4. Сахарный диабет

У взрослых пациентов, страдающих сахарным диабетом, значимо увеличивается распространенность коронарного атеросклероза и заболеваний периферических сосудов в сравнении с теми, у кого диабета нет. Вероятность развития атеросклероза тесно коррелирует с длительностью диабета, наличием микроваскулярных нарушений, заболеваниями периферических сосудов и автономной нейропатией. У пациентов с автономной дисфункцией и сенсорной нейропатией может быть повышен болевой порог и часто встречаются патологические реакции АД и ЧСС на нагрузку. Если ИБС доказана, то частота индуцированных нагрузкой изменений ЭКГ у пациентов с диабетом такая же, как у лиц без диабета. У пациентов с диабетом, имеющих такие же изменения ЭКГ при нагрузке, что и лица без диабета, более высокий риск неблагоприятных кардиальных исходов из-за повышенного риска дислипидемий, нарушенного фибринолиза и артериальной гипертензии, ассоциирующихся с диабетом. Для того, чтобы определить, какой из неинвазивных тестов наиболее целесообразен для выявления ранних признаков эндотелиальной дисфункции, а также наличия и выраженности ИБС у лиц с диабетом, требуются дополнительные исследования.

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

6.5. Кардиомиопатии

Дилатационная кардиомиопатия (ДКМП). Нагрузочное тестирование используется у лиц с ДКМП для определения функциональных возможностей, оценки пульмонального ответа на левожелудочковую дисфункцию, выявления выраженности желудочковой эктопии и для оценки эффективности лечения. Пациенты с дисфункцией левого желудочка имеют сниженную переносимость нагрузок и признаки легочной и правожелудочковой недостаточности. У них наблюдается недостаточное повышение МОК при нагрузке, что ограничивает МПК и переносимость нагрузок. У пациентов с выраженной левожелудочковой дисфункцией МОК может увеличиться вдвое только при проведении тестирования в положении сидя. Ударный объем при проведении теста в положении сидя может увеличиваться нормально, несмотря на снижение фракции выброса левого желудочка. При продолжении нагрузки МОК и ударный объем перестают увеличиваться соответственно возрастающей нагрузке, что приводит к развитию гипотензии, вызванной нагрузкой. Тем не менее, часть пациентов с ДКМП могут иметь нормальную переносимость нагрузок, несмотря на тяжелую дисфункцию левого желудочка. Это преимущественно относится к тем пациентам, у которых функция правого желудочка еще сохранена. У пациентов с ДКМП нагрузка часто может провоцировать желудочковую эктопическую активность или другие серьезные аритмии. Даже суправентрикулярные аритмии у таких пациентов могут приводить к развитию желудочковой тахикардии.

Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП). У пациентов с ГКМП отмечается снижение потребления кислорода на пике нагрузки и анаэробного порога. В группе 50-летних мужчин с ГКМП 59% симптомных пациентов не смогли достигнуть 60% уровня потребления кислорода, соответствующего этому возрасту, и только 2 пациента смогли превысить 80% уровень [46]. Неспособность к повышению систолического АД более 20 мм рт.ст. у пациентов с ГКМП объясняется стресс-индуцированной систолической дисфункцией левого желудочка и ассоциируется с неблагоприятным прогнозом. При ГКМП нагрузка может приводить к внезапной смерти из-за спровоцированных нагрузкой аритмий. У пациентов с ГКМП при нагрузках часто встречаются болевой синдром в грудной клетке, измененная ЭКГ покоя и индуцированная нагрузкой депрессия сегмента ST. Нагрузочное тестирование с тщательным визуальным наблюдением может помочь в определении уровня нагрузки, при которой появляются такие патологические реакции как опасные желудочковые аритмии, признаки миокардиальной ишемии, шумы, появляющиеся при обструкции выходного тракта левого желудочка и пресинкопальные симптомы.

6.6. Хроническая сердечная недостаточность (ХСН)

Функциональные возможности у пациентов с существенно сниженной фракцией выброса могут существенно варьировать. Часть пациентов с ХСН способны выполнить нагрузку, аналогичную здоровым лицам. Симптомы, появляющиеся у пациентов с ХСН, обусловлены прогрессирующим нарастанием количества лактата уже на низких уровнях нагрузки, снижением количества потребляемого кислорода на пике нагрузки и диспропорциональным повышением легочной вентиляции на субмаксимальной и максимальной нагрузке, что сопровождается гипервентиляцией и проявляется в частом поверхностном дыхании в момент нагрузки. Чаще всего причиной прекращения теста у пациентов с ХСН является появление одышки и мышечной усталости, обусловленной снижением ударного объема и нарушениями метаболизма в скелетной мускулатуре, а также – хронической физической слабостью из-за нарушений перфузии и анемии. В одном исследовании пациентов с ХСН показано, что пик потребления кислорода у них существенно повышался при повышении гемоглобина с 11 до 14 г/дл на фоне лечения эритропоэтином, препаратами железа и фолатами.

У пациентов с ХСН объективным критерием оценки функциональных возможностей считается потребление кислорода на пике нагрузки, определенное прямым методом с помощью газоанализа (кардиопульмональный тест). Классификация пациентов с ХСН, основанная на пике потребления кислорода и анаэробном пороге при проведении кардиопульмонального теста представлена в таблице 29 (на стр. 109). Способность достичь на пике нагрузки потребления кислорода более 20 мл/мин/кг, а также анаэробный порог более 14 мл/мин/кг ассоциируется с относительно благоприятным прогнозом у этих пациентов. Пациенты, не способные достичь пика потребления кислорода в 10 мл/мин/кг и анаэробного порога в 8 мл/мин/кг имеют неблагоприятный прогноз и являются кандидатами на трансплантацию сердца. Учитывая, что длительные тренирующие нагрузки у пациентов с ХСН способствуют повышению пика потребления кислорода на 15-20%, клиническое решение о транс-

плантации сердца, основанное на пиковых значениях потребления кислорода, должно приниматься только после оценки эффекта проводимых тренирующих программ.

Протокол дозирования нагрузки у пациентов с ХСН должен быть подобран таким образом, чтобы максимум нагрузки был достигнут при продолжительности теста в 5-7 минут. Именно этот временной диапазон ассоциируется с наибольшей воспроизводимостью результатов оценки пикового потребления кислорода.

Интерпретация результатов кардиопульмонального нагрузочного теста у пациентов с ХСН представляет определенные сложности, так как часть пациентов вследствие гипервентиляции во время нагрузки демонстрируют ложно низкое пиковое потребление кислорода, что затрудняет дифференциальную диагностику между пациентами с низким пиковым потреблением кислорода из-за болезней сердца и просто исходно детренированными лицами.

У пациентов, не способных к выполнению нагрузки на велоэргометре или тредмиле, для оценки функциональных возможностей может быть использован 6-минутный тест ходьбы. Однако, при принятии клинических решений у пациентов с умеренной и тяжелой ХСН, прямое определение кислорода считается более предпочтительным, чем тест с ходьбой.

6.7. Предоперационная риск-стратификация перед некардиальной хирургией

Нагрузочный тест перед плановым некардиальным хирургическим вмешательством обеспечивает объективную информацию о функциональных возможностях пациента и может идентифицировать вероятную периоперационную ишемию у пациентов с низким ишемическим порогом. У 20-25% пациентов с перемежающей хромотой и отсутствием болезней сердца при нагрузочном тесте выявляется патологическая ЭКГ-реакция. При наличии в анамнезе инфаркта миокарда или при исходных изменениях ЭКГ покоя патологичекий ответ ЭКГ на нагрузку регистрируется у 35-50% лиц. Риск периоперационных неблагоприятных кардиальных событий и неблагоприятный отдаленный прогноз значимо возрастает у пациентов с патологической ЭКГ-реакцией, полученной на низких мощностях нагрузки. У таких пациентов вероятно обсуждение возможности проведения коронарографии и коронарной реваскуляризации перед планируемыми некардиальными операциями высокого хирургического риска, такими как операции на аорте и магистральных сосудах, а также – связанными с большим объемом вводимых растворов и кровопотерей.

7. НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ У ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ РИТМА [46, 54, 57]

У пациентов с аритмиями нагрузочный тест может быть полезен для:

- выявления желудочковых и наджелудочковых аритмий, провоцируемых нагрузкой,
- оценки эффекта антиаритмических препаратов,
- оценки адекватности медикаментозного контроля частоты желудочковых сокращений у пациентов с постоянной фибрилляцией предсердий,
- выявления вероятных проаритмогеных эффектов назначенных антиаритмических средств,
- оценки работы имплантированных устройств.

7.1. Показания к проведению нагрузочного теста

Класс I:	1. Идентификация соответствующих параметров настройки у пациентов с частотно-адаптивными кардиостимуляторами. 2. Оценка врожденной полной атрио-вентрикулярной блокады у пациентов, планирующих увеличить двигательную активность или участвующих в соревновательных видах спорта (Уровень доказательности: С).
Класс IIA:	1. Оценка пациентов, у которых установлено (или вероятно) провоцирование аритмии физической нагрузкой. 2. Оценка эффективности медикаментозной, хирургической или аблационной терапии у пациентов с нагрузочно-индуцируемой аритмией (включая фибрилляцию предсердий).
Класс IIB:	1. Оценка одиночных желудочковых экстрасистол у пациентов среднего возраста без других симптомов наличия ИБС. 2. Оценка атриовентрикулярной блокады 1 степени, или 2 степени первого типа (периодики Венкебаха), блокады правой ножки пучка Гиса, блокады левой ножки пучка Гиса или одиночной экстрасистолии у молодых пациентов, планирующих участие в соревновательных видах спорта (Уровень доказательности: С).
Класс III:	Рутинное обследование молодых пациентов с одиночными экстрасистолами.

7.2. Нагрузочное тестирование и аритмии (общие положения)

В ряде случаев нагрузка может индуцировать сердечную аритмию – при приеме диуретиков, сердечных гликозидов, недавнем употреблении алкоголя или кофеина. Поскольку нагрузка повышает потребление кислорода миокардом, при наличии ИБС миокардиальная ишемия на фоне нагрузки может провоцировать эктопическую активность. Субэндокардиальная ишемия (ST-депрессия) является менее аритмогенной, чем трансмуральная ишемия (ST-элевация). Индуцированная нагрузкой аритмия часто является следствием повышения симпатического тонуса, увеличении потребности миокарда в кислороде или того и другого одновременно.

Нагрузка может подавлять сердечную аритмию, регистрируемую на ЭКГ покоя. Этот феномен объясняется подавлением эктопической импульсации на фоне развивающейся при нагрузке синусовой тахикардии, снижения вагусных и усиления симпатических влияний. Возникающая при нагрузке синусовая тахикардия может ингибировать автоматическую эктопическую активность вследствие снижения автоматизма волокон Пуркинье.

Наиболее частой сердечной аритмией, регистрирующейся при нагрузке, является желудочковая экстрасистолия, за ней следуют суправентрикулярные аритмии и сливные сокращения. Их появление прямо связано с возрастом и патологией сердечно-сосудистой системы.

7.3. Обследование пациентов, у которых установлено (или вероятно) провоцирование аритмии физической нагрузкой

Использование нагрузочного тестирования у пациентов с синкопами может выявить тех, у кого они являются следствием ИБС, хотя сама ИБС считается нечастой причиной обмороков. Также при нагрузке могут быть выявлены такие причины обмороков как дисфункция синусового узла, атрио-вентрикулярная блокада и тахикардии.

7.3.1. Желудочковая экстрасистолия

У асимптомных лиц без установленных болезней сердца воспроизводимая при нагрузке желудочковая экстрасистолия встречается в 0-5% случаев и не ассоциируется с риском внезапной смерти. Индуцированная нагрузкой желудочковая эктопия при отсутствии депрессии сегмента ST не является маркером ИБС. Подавление исходной желудочковой эктопии нагрузкой также неспецифично для ИБС, так как встречается и у лиц без патологии сердца.

У пациентов с хронической ИБС (при учете исходного клинического состояния и функции левого желудочка) влияние желудочковой эктопии на прогноз является незначительным. Около 20% пациентов с установленными болезнями сердца и 50-75% из тех, кто перенес внезапную смерть, имеют воспроизводимую нагрузкой желудочковую экстрасистолию. У пациентов с недавно перенесенным инфарктом миокарда наличие индуцированной нагрузкой желудочковой эктопии ассоциируется с повышенным риском последующих неблагоприятных кардиальных событий. Желудочковую аритмию, провоцируемую нагрузкой, могут подавлять ß-блокаторы.

Наиболее часто желудочковые аритмии возникают сразу после прекращения нагрузки, так как содержание норэпинефрина в плазме продолжает повышаться в течение первых нескольких минут отдыха, а парасимпатический тонус в это время резко повышается, что сопровождается тотальной вазодилатацией, уменьшением МОК и венозного возврата, что в свою очередь может привести к снижению коронарной перфузии.

Считается, что эктопическая желудочковая активность должна приниматься во внимание у пациентов со случаями внезапной смерти в семейном анамнезе, а также у пациентов с кардиомиопатиями, клапанными пороками сердца и тяжелой ИБС.

С другой стороны, в ряде работ показано, что у пациентов с желудочковой эктопией, связанной с нагрузкой, смертность в течение года в 3 раза выше, чем у тех, у кого эта эктопия регистрируется только в покое; смертность пациентов с эктопией высоких градаций при нагрузке – выше, чем при одиночной экстрасистолии.

Так, у 138 асимптомных мужчин в возрасте 42-53 лет, у которых при нагрузке на велоэргометре появлялась частая желудочковая экстрасистолия (более 10% от всех желудочковых сокращений за любые 30 секунд нагрузки), или выявлялись парные и групповые желудочковые экстрасистолы, через 23 года наблюдения относительный риск кардиальной смерти оказался почти в 3 раза выше, в сравнении с теми, у кого при нагрузке этой экстрасистолии не было [63].

В одном исследовании, включавшем около 30 тыс. обследованных, показано, что у лиц с частой желудочковой эктопией, регистрирующейся в восстановительном периоде, смерть от всех причин в течение ближайших 5 лет была значимо выше, чем у тех, у кого она регистрировалась только в момент нагрузки [46].

7.3.2. Желудочковая тахикардия

Обморок, обусловленный развитием тахикардии при нагрузке, может быть отражением ишемии, структурных изменений, приводящих к патологической реакции сердечно-сосудистой системы на стресс, и повышенного уровня катехоламинов.

Информация, полученная при нагрузочном тестировании у пациентов с желудочковыми тахикардиями, трактуется в зависимости от причины, приводящей к аритмии.

У большинства пациентов с анамнезом устойчивой желудочковой тахикардии нагрузочный тест провоцирует появление желудочковой экстрасистолии, а у 10-15% этих пациентов желудочковая тахикардия выявляется только при нагрузке.

Желудочковая тахикардия может воспроизводиться при нагрузке при таком синдроме как желудочковая тахикардия из выносящего тракта правого желудочка на здоровом сердце.

При аритмиях, обусловленных адренергической стимуляцией (включая мономорфную желудочковую тахикардию и полиморфную желудочковую тахикардию, обусловленную удлиненным QT), суточное мониторирование ЭКГ может ее не выявить из-за недостаточности повседневной нагрузки, особенно в случаях, когда аритмия развивается редко и у лиц малоподвижного образа жизни. Поэтому, перед планированием электрофизиологического исследования, полезно провести нагрузочный тест.

У пациентов, получающих антиаритмические препараты, устойчивая желудочковая тахикардия, обусловленная нагрузкой, ассоциируется с высоким риском внезапной смерти. У этой группы пациентов нагрузочное тестирование может быть использовано для выявления проаритмического эффекта антиаритмиков. Так, парадоксальное увеличение корригированного QT при нагрузке более чем на 10 мсек идентифицирует пациентов с высоким риском развития проаритмогенного эффекта антиаритмических препаратов 1А класса. А индуцированное нагрузкой расширение комплекса QRS у пациентов, получающих антиаритмики 1С класса, опасно в отношении развития желудочковой тахикардии. Амиодарон расширяет QRS при нагрузке приблизительно у 6% пациентов с исходным QRS менее 110 мсек и у 15% – с исходным QRS более 110 мсек.

Хотя желудочковые аритмии при нагрузочном тестировании в отобранных группах пациентов встречаются нечасто, у лиц с высоким риском развития желудочковой эктопии при максимальном тестировании серьезные аритмии, требующие кардиоверсии, внутривенного введения медикаментов или реанимационных мероприятий, регистрируются в 2.3% случаев.

7.3.3. Суправентрикулярные аритмии

Вследствие стойкого повышения адренергической стимуляции при нагрузке, наджелудочковые тахикардии, связанные с ней, могут быть выявлены при нагрузочном тесте.

Синусовые аритмии с периодами синусовой брадикардии и миграции водителя ритма по предсердиям встречается достаточно часто как при самой нагрузке, так и сразу после ее прекращения.

Предсердные экстрасистолы и пробежки предсердного ритма могут появляться как при нормальном, так и при больном сердце. Суправентрикулярная экстрасистолия индуцируется нагрузкой у 4% здоровых и у 40% пациентов с исходными болезнями сердца. Устойчивые суправентрикулярные тахиаритмии регистрируются только у 1-2% обследуемых, хотя у лиц с эпизодами суправентрикулярных аритмий в анамнезе частота их выявления составляет 10-15%. Пароксизмальная AV-узловая тахикардия при нагрузке встречается очень редко.

Индуцированные нагрузкой преходящие фибрилляция и трепетание предсердий регистрируются менее чем у 1% лиц, подвергшихся тестированию. Эти нарушения ритма могут появляться как у здоровых лиц, так и у пациентов с ревматическими болезнями сердца, гипертиреозом, WPW-синдромом и кардиомиопатиями.

Появление лишь суправентрикулярной аритмии (без других признаков ИБС) обычно не связано с ИБС, а чаще встречается у пациентов с болезнями легких, недавним приемом алкоголя или чрезмерным употреблением кофеина.

7.3.4. Синдром предвозбуждения (WPW-синдром)

Нагрузка может провоцировать, нивелировать или не влиять на аномальное AV-проведение у пациентов с известным синдромом WPW.

У пациентов с синдромом WPW нагрузочный тест может быть использован для оценки риска развития проведения через дополнительный путь с частым желудочковым ответом на фоне предсердной аритмии, спровоцированной нагрузкой. Исчезновение при нагрузке исходных признаков предвозбуждения свидетельствует о более длительном антеградном рефрактерном периоде дополнительного пути в сравнении с атриовентрикулярным, что говорит о малой вероятности развития быстрого желудочкового ответа при ЧСС выше достигнутого уровня. Однако, вероятность

быстрого желудочкового ответа сохраняется и в этом случае, но его выявление затрудняется тем, что из-за ускорения проведения через атрио-вентрикулярный узел, происходящего на фоне усиленной адренергической стимуляции, сокращается и зона миокарда, которая может преждевременно стимулироваться через дополнительный путь. Тем не менее, считается, что если при нагрузке исчезают признаки предвозбуждения (что встречается в 20-50% случаев), это является благоприятным признаком – у таких лиц низкая вероятность развития желудочковой тахикардии, индуцированной нагрузкой. Исчезновение дельта-волны чаще встречается у пациентов с левораспоженным, чем с праворасположенным дополнительным путем.

Хотя у пациентов с синдромом WPW нагрузка может быть проведена из соображений выявления стресс-индуцированной тахиаритмии, следует иметь в виду, что распространенность тахиаритмий во время или после нагрузки у пациентов с WPW-синдромом является низкой. Приблизительно половина пациентов с синдромом WPW не имеют патологических реакций при нагрузке. Если же нагрузка все-таки провоцирует тахиаритмию, это позволяет оценить скорость AV-проведения.

Наличие синдрома WPW не является причиной ограничения физической работоспособности обследуемого.

У пациентов с синдромом WPW при нагрузке часто наблюдается значимая депрессия сегмента ST, которая не связана с миокардиальной ишемией и может быть причиной ложно-положительного результата теста.

7.3.5. Фибрилляция предсердий

У пациентов с фибрилляцией предсердий желудочковый ответ обусловлен способностью атрио-вентрикулярного узла к проведению импульсов из предсердий, поэтому ЧСС зависит от его скорости деполяризации и эффективного рефрактерного периода. На оба эти параметра влияют медикаменты, используемые у пациентов с фибрилляцией предсердий для контроля за ЧСС. Эффективный медикаментозный контроль ЧСС в покое не подразумевает его адекватного контролирования при нагрузке. У 60-70% пациентов с фибрилляцией предсердий регистрируется значительное учащение ЧСС при малых уровнях нагрузки и длительное сохранение тахиаритмии в восстановительном периоде, поэтому у этих лиц нагрузочный тест может быть использован с целью титрования доз используемых антиаритмических препаратов.

7.3.6. Дисфункция синусового узла

Нагрузочный тест позволяет распознать вегетативную дисфункцию синусового узла при исходной синусовой брадикардии и нормальном ответе ЧСС на нагрузку (у пациентов с исходным преобладанием парасимптаического тонуса, преимущественно – у тренированных лиц) от истинной органической дисфункции синусового узла с недостаточным ответом ЧСС на нагрузку. Понятие хронотропной некомпетентности трактуется разными авторами по-разному, но наиболее часто под ней понимается неспособность достигнуть при максимальном тесте ЧСС, соответствующей 85% от ожидаемой возрастной нормы. Неспособность достигнуть при максимальном тесте ЧСС 100 уд/мин является специфичным критерием для хронотропной некомпетентности, но чувствительность его низкая. Разными авторами предлагаются и другие критерии хронотропной некомпетентности, например, при проведении тредмил-теста прогностической значимостью обладает соответствие резерва ЧСС и MET на 2-й ступени стандартного протокола Брюса. Однако, нагрузочное тестирование обладает недостаточной воспроизводимостью результатов в отношении выявления дисфункций синусового узла, и нормальный ответ ЧСС на нагрузку не отрицает вероятность ее наличия: около 40-50% с органической дисфункцией синусового узла имеют адекватный ответ ЧСС на нагрузку.

В редких случаях сразу после прекращения тестирования у пациентов развивается длительный период отказа синусового узла. Обычно он появляется у пациентов с тяжелой ишемической болезнью сердца.

7.3.7. Нарушения атриовентрикулярного (AV) проведения

При нагрузке одновременно с учащением синусового ритма обычно происходит укорочение PR-интервала до 100-110 мсек, что вероятнее всего обусловлено повышением симпатического тонуса и чаще отмечается у здоровых молодых лиц.

AV-блокада I степени часто регистрируется в конце нагрузки или в восстановительном периоде. К медикаментам и состояниям, приводящим к удлинению PR-интервала, относятся дигиталис, β-блокаторы, миокардиты.

Появление при нагрузке AV-блокады II степени с периодикой Венкебаха (Мобитц I) встречается редко. Данные о появлении при нагрузке клинически значимой AV-блокады II степени типа Мобитц II – отсутствуют, однако ее появление возможно как клинический феномен при учащении синусового ритма сверх критического уровня. Появление при нагрузке AV-блокады II степени может свидетельствовать об исходной патологии проводящей системы сердца и требует прекращения теста.

Полная AV-блокада на ЭКГ покоя является относительным противопоказанием к проведению теста. Тестирование у таких пациентов может быть проведено в случае отсутствия сопутствующих значимых врожденных аномалий.

У пациентов с врожденной AV-блокадой нагрузка не вызывает адекватного увеличения ЧСС, поэтому нагрузочный тест может быть использован для выявления пациентов, у которых при нагрузке развиваются ускоренные узловые ритмы, которые могут быть показанием к постановке DDD-стимулятора, подавляющего их появление.

У пациентов с приобретенными нарушениями AV-проведения нагрузочный тест может выявить проксимальную AV-блокаду.

7.3.8. Блокада левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ)

БЛНПГ может регистрироваться до начала тестирования, а также появляться или исчезать в момент проведения нагрузки. Появление внутрижелудочковых блокад при нагрузке часто предшествует появлению постоянной внутрижелудочковой блокады на ЭКГ покоя. В одном исследовании показано, что преходящая при нагрузке БЛНПГ у половины обследуемых через 6.6 лет наблюдения трансформируется в постоянную. Ни у одного из этих пациентов за 15 лет наблюдения не развилась высокая степень AV-блокады.

Появление БЛНПГ при ЧСС менее 125 уд/минуту у пациентов с типичной стенокардией часто ассоциируется с ИБС, в то время как появление БЛНПГ при ЧСС более 125 уд/минуту чаще наблюдается у лиц с нормальными коронарными артериями. Исчезновение при нагрузке исходно регистрируемой в покое внутрижелудочковой блокады встречается редко.

Появление новых внутрижелудочковых блокад (появление блокады передней или задней ветви ЛНПГ дополнительно к исходной блокаде левой или правой ножки пучка Гиса) часто является ЧСС-зависимым феноменом, который появляется при таких нагрузках, когда частота синусового ритма превышает критический уровень. Такие блокады трудно отличить от желудочковой тахикардии.

Относительный риск смерти или других серьезных неблагоприятных кардиальных событий у пациентов с индуцированной нагрузкой БЛНПГ в три раза выше, чем у тех, у кого при нагрузке эти нарушения внутрижелудочкового проведения отсутствуют.

У большинства пациентов с БЛНПГ при нагрузке регистрируется депрессия сегмента ST, которая независимо от степени ее выраженности не является диагностическим признаком ИБС или неблагоприятным прогностическим маркером.

7.3.9. Блокада правой ножки пучка Гиса (БПНПГ)

На ЭКГ покоя у пациентов с БПНПГ часто регистрируются изменения сегмента ST и зубца T в правых грудных отведениях (с V_1 до V_3). Наличие БПНПГ снижает диагностическую ценность теста. Индуцированная нагрузкой депрессия сегмента ST в отведениях с V_1 по V_4 у пациентов с БПНПГ является привычным феноменом и не несет диагностической ценности. У пациентов с исходно высокой предтестовой вероятностью ИБС появление при нагрузке депрессии сегмента ST в отведениях II, AVF, или в V_5-V_6 при одновременном снижении толерантности к нагрузке и неспособности адекватно повысить систолическое АД является признаком наличия ИБС.

Индуцированная нагрузкой БПНПГ встречается редко – в 0.1% случаев.

7.4. Пациенты с кардиостимуляторами и имплантированными кардиовертерами-дефибрилляторами

Следует учитывать, что кардиостимуляторы обычно имплантируются пожилым людям, которые в большинстве случаев не способны выполнить нагрузку высокой интенсивности, поэтому используемый протокол тестирования должен предусматривать небольшую исходную мощность нагрузки с малым шагом ее увеличения.

Диагностика ИБС у пациентов с пейсмекерами с использованием нагрузочного тестирования, даже при применении стресс-визуализирующих методик, является затруднительной и пока считается нецелесообразной. Иногда нагрузочный тест у этих пациентов может быть использован с целью оценки функциональных возможностей, но более предпочтительным в данном случае считается тест 6-минутной ходьбы.

У пациентов с частотно-адаптивными стимуляторами нагрузочный тест может быть полезен для оценки их эффективности – как в достижении максимально возможной ЧСС, так и для оценки прироста ЧСС на нагрузку. Физиологически оптимальное стимулирование подразумевает, что пейсмекер увеличивает ЧСС адекватно происходящему при нагрузке повышению потребления кислорода: увеличение потребления кислорода на 1 мл/мин/кг должно сопровождаться учащением ЧСС на 2-4 уд/мин со слегка более высоким приростом у пациентов с выраженной дисфункцией левого желудочка.

Нагрузочный тест также может быть проведен с целью оценки работы ресинхронизирующих устройств, имплантированных пациентам с сердечной недостаточностью и нарушениями внутрижелудочкового проведения.

Нагрузочное тестирование у пациентов с имплантированными кардиовертерами-дефибрилляторами может быть проведено с целью провокации аритмии, по поводу которой он был установлен, а также – для исключения вероятности срабатывания устройства на фоне учащения ЧСС при нагрузке. Если дефибриллятор имплантирован в связи с фибрилляцией желудочков или частой желудочковой тахикардией, тест должен быть прекращен при достижении ЧСС на 10 уд/мин меньше запрограмированной для срабатывания дефибриллятора. Если ЧСС для срабатывания устройства оказывается меньше той, которую пациент достигает при нагрузке, дефибриллятор во избежание случайных разрядов может быть перепрограммирован на более высокую ЧСС, или временно деактивирован. Нагрузочный тест может быть использован для проверки таких запрограммированных алгоритмов работы дефибриллятора, как внезапность начала аритмии и детекция разброса RR-интервалов.

8. НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ПРИ КЛАПАННЫХ ПОРОКАХ СЕРДЦА [46, 57]

8.1. Показания к проведению теста

Класс I:	При хронической аортальной регургитации – для оценки функциональных возможностей и выявления симптомов у пациентов с сомнительными симптомами в анамнезе.
Класс IIA:	1. При хронической аортальной регургитации – для оценки функциональных возможностей у пациентов, планирующих заниматься спортом. 2. При хронической аортальной регургитации – для прогностической оценки перед планируемым протезированием клапанов у асимптомных или малосимптомных пациентов с левожелудочковой дисфункцией.
Класс IIB:	Оценка функциональных возможностей у пациентов с клапанными пороками.
Класс III:	Диагностика ИБС у пациентов с умеренными и выраженными пороками сердца или имеющими следующие изменения ЭКГ покоя: - признаки предвозбуждения - ритм кардиостимулятора - депрессия сегмента ST > 1 мм - полная блокада левой ножки пучка Гиса.

8.2. Целесообразность нагрузочного тестирования у пациентов с клапанными пороками

У симптомных пациентов с установленными клапанными стенозами или регургитацией тактика ведения обычно ясна и проведение нагрузочного теста не требуется. Основная цель нагрузочного тестирования у пациентов с клапанными пороками – объективно оценить нетипичные симптомы, функциональные возможности, а также – функцию левого желудочка с использованием стресс-визуализирующих методик и выраженность нарушений, имеющих значение для принятия врачебных решений относительно дальнейшего медикаментозного или хирургического лечения, медико-социальной экспертизы. Это особенно важно у пожилых, которые часто асимптомны из-за снижения двигательной активности. Использование нагрузочного теста для диагностики ИБС у пациентов с клапанными пороками сердца ограничено высокой вероятностью ложно-положительного результата из-за гипертрофии левого желудочка и исходных изменений ЭКГ.

8.3. Аортальный стеноз

Тяжелый аортальный стеноз расценивается как классическое противопоказание для проведения нагрузочного тестирования, и это абсолютно бесспорно для симптомных пациентов с тяжелым аортальным стенозом, которым планируется хирургическая коррекция порока. У асимптомных пациентов протезирование клапана с позиций прогноза считается недостаточно оправданным. Однако, многие пожилые пациенты с аортальным стенозом являются асимптомными вследствие их низкой двигательной активности, и принятие решения о дальнейшей тактике их ведения, основанное только на клинической картине, является затруднительным. Оценка гемодинамического ответа на физическую нагрузку может оказаться полезной у этой категории пациентов. Если у пациента при нагрузке развивается гипотензия, это считается достаточным для принятия положительного решения в отношении хиругической коррекции порока. Нагрузочный тест с допплер-ЭХОКГ рекомендуется для оценки градиентов на аортальном клапане у асимптомных пациентов, планирующих занятия спортом.

Нагрузочный тест является общепринятым средством оценки детей и подростков с аортальными стенозами. Три исследования, проведенные у взрослых с умеренными и выраженными аортальными пороками (площадь отверстия аортального клапана от 0.5 до 1.5 $см^2$; средний градиент от 18 до 64 мм рт.ст.), показали, что нагрузочный тест у этой категории больных может быть вполне безопасен при условии тщательного наблюдения за пациентом и частом измерении АД в момент тестирования. Критериями прекращения теста у этих пациентов является неадекватное повышение АД, урежение ЧСС при увеличении нагрузки и появление экстрасистолии.

Обычным для пациентов с аортальными стенозами является ограничение их функциональных возможностей. Кроме оценки толерантности к нагрузке, важное значение имеют такие показатели теста как быстрый ответ ЧСС на нагрузку, что подразумевает наличие фиксированного ударного объема; а также – отсутствие повышения или снижение АД в ответ на увеличение нагрузки.

8.4. Митральный стеноз

Пациенты с тяжелым митральным стенозом имеют фиксированный ударный объем и в состоянии увеличить МОК только за счет увеличения ЧСС. Поскольку главным критерием для принятия решения об оперативной коррекции митрального стеноза является клиническая картина, нагрузочный тест является полезным для ее оценки у тех пациентов, у которых отсутствие симптомов обусловлено исходной низкой физической активностью или тогда, когда есть несоответствие между клиническими симптомами и площадью митрального отверстия. Когда нагрузочный тест проводится с целью разрешения указанных проблем, чрезмерное учащение ЧСС на низких мощностях нагрузки, индуцированная нагрузкой чрезмерная легочная гипертензия, снижение МОК при нагрузке (эквивалентом чего является нагрузочная артериальная гипотензия) и боль в груди (вызванная ишемией, развившейся на фоне низкого МОК, или легочной гипертензией) являются основанием для принятия решения о необходимости оперативного лечения.

8.5. Аортальная регургитация

Решение о необходимости оперативного лечения при аортальной регургитации базируется на оценке клинических симптомов, систолической дисфункции левого желудочка и размерах левого желудочка. Поскольку при аортальной регургитации фракция выброса является надежным показателем систолической функции левого желудочка, решение о предпочтительности оперативного лечения базируется именно на ее величине, оцененной в покое. Проведение нагрузочного теста в этой ситуации обычно не требуется, за исключением случаев, когда симптомы нельзя оценить однозначно. Также нагрузочный тест может быть использован для наблюдения за функцией левого желудочка у асимптомных пациентов на фоне проводимой медикаментозной терапии.

8.6. Митральная регургитация

Легкая и умеренная митральная регургитация обычно хорошо компенсирована, хотя нагрузочный тест у таких пациентов, проведенный с целью диагностики ИБС, часто выявляет ложноположительные изменения сегмента ST, особенно у пациентов с пролапсом митрального клапана. Пациенты с тяжелой митральной регургитацией могут при нагрузке демонстрировать артериальную гипотензию и снижение толерантности к нагрузке. Поскольку при митральной регургитации фракция выброса, измеренная в покое, является ненадежным критерием оценки функции левого желудочка, нагрузочный тест с использованием ЭХОКГ может оказаться полезным для диагностики скрытой дисфункции и более раннего направления на оперативное лечение. У пациентов с пролапсом митрального клапана при отсутствии митральной регургитации в покое ЭХОКГ-подтверждение ее наличия при нагрузке ассоциируется с дальнейшим прогрессированием митральной регургитации, хронической сердечной недостаточностью и обмороками. Нагрузочный тест может помочь объективно оценить функциональные возможности пациентов, не способных доступно объяснить свои жалобы. Также он рекомендуется для оценки функциональных возможностей пациентов, планирующих заниматься физическими тренировками. У пациентов с незначительной митральной регургитацией, оцененной по ЭХОКГ покоя, нагрузочный тест с использованием допплера может выявить тяжелую степень регургитации.

9. НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ У АСИМПТОМНЫХ ЛИЦ [46, 57]

9.1. Показания к проведению теста

Класс I:	Нет
Класс IIA:	Оценка асимптомных пациентов с сахарным диабетом, планирующих заниматься спортом (уровень доказательности: C)
Класс IIB:	1. Оценка пациентов с множественными факторами риска (гиперхолестеринемия > 240 мг/дл; гипертензия: систолическое АД > 140 мм рт.ст. или диастолическое АД > 90 мм рт.ст.; курение; диабет; отягощенная наследственность: наличие у родственников 1-й степени родства ИБС или внезапной смерти в возрасте до 60 лет; или по Фрамингемской шкале – средний риск развития кардиальных событий в ближайшие 5 лет) с целью назначения терапии, направленной на снижение риска. 2. Оценка асимптомных мужчин старше 45 лет и женщин старше 55 лет: - планирующих заниматься спортом, или - работающих в тех сферах деятельности, где ухудшение состояния здоровья может повлиять на общественную безопасность, или - тех, кто имеет высокий риск ИБС вследствие наличия других заболеваний (болезни периферических сосудов, хроническая почечная недостаточность).
Класс III:	Рутинный скрининг асимптомных мужчин и женщин

9.2. Общие положения

Исследования, основанные на изучении умерших по иным причинам молодых и вероятно асимптомных военнослужащих и гражданских лиц, демонстрируют раннее развитие атеросклеротических изменений в коронарных сосудах. Вследствие ИБС в США ежегодно умирает более 500 000 человек, а количество госпитализированных по поводу острого инфаркта миокарда составляет 1.5 миллиона, что обходится государству в 100 биллионов долларов. Вследствие столь значительных человеческих и материальных затрат существенное внимание уделяется раннему выявлению ИБС с целью предупреждения последующих кардиальных осложнений и сокращения затрат на лечение острых состояний.

Целью скринингового обследования является как увеличение продолжительности жизни, так и улучшение ее качества вследствие раннего выявления ИБС. Так, в исследовании CAST при изучении прогноза асимптомных пациентов после перенесенного инфаркта миокарда, тренд улучшения выживаемости после АКШ выявлен среди тех пациентов, у кого исходно было 3-сосудистое поражение в сочетании с левожелудочковой дисфункцией. В пилотном исследовании ACIP (изучение прогноза асимптомных пациентов с безболевой ишемией миокарда по результатам нагрузочного тестирования) коронарная реваскуляризация ассоциировалась с более благоприятным отдаленным прогнозом, чем медикаментозная терапия. Следует иметь в виду, что оба эти исследования были проведены у лиц с ангиографически документрированной ИБС. Однако, наблюдательное исследование Национального Института сердца, легких и крови (National Heart, Lung, and Blood Institute) показало, что развитие острых коронарных событий у лиц с низкой вероятностью ИБС является непредсказуемым.

В настоящее время существуют противоречивые мнения о целесообразности проведения нагрузочного тестирования у асимптомных лиц. С одной стороны, выявление ишемии при нагрузочном тесте может помочь выделить лиц, которым необходимо более интенсивная модификация факторов риска. Хотя это может казаться несогласущимся с текущими представлениями о необходимости проводить модификацию факторов риска всем лицам, выявление при нагрузке функциональных нарушений может в большей степени мотивировать пациента на эту модификацию.

С другой стороны, считается, что нагрузочное тестирование не должно использоваться как скрининговый метод выявления скрытой ИБС. Это объясняется тем, что у асимптомных пациентов даже выявленная при нагрузке ИБС обычно является прогностически малозначимой. И наоборот, так как многие острые коронарные события обусловлены разрывом гемодинамически незначимых атеросклеротических бляшек, отсутствие стеноза (ассоциирующееся с отрицательным результатом нагрузочного теста), не исключает возможности возникновения инфаркта миокарда у этих пациентов.

9.3. Диагностические возможности

Как уже говорилось выше, посттестовая вероятность ИБС зависит от точности методики и предтестовой вероятности ИБС. К сожалению, точность нагрузочного тестирования у асимптомных лиц никогда не проверялась и вряд ли когда-нибудь будет проверена, так как коронарография им не проводится. Альтернативный наблюдательный подход оценивает прогностическую ценность положительного теста в диапазоне между 25% и 72% в зависимости от анализируемого контингента обследуемых. Прогностическую ценность положительного теста можно увеличить, если учитывать не только смещение сегмента ST, но и другие показатели, полученные при тестировании. Но попытки увеличить прогностическую ценность положительного теста обычно ставит под угрозу прогностическую ценность отрицательного результата. Тем не менее, дополнительная стратификация риска возможна при учете реакции АД на нагрузку и выраженности депрессии сегмента ST.

9.4. Оценка прогноза

Хотя у асимптомных лиц диагностические возможности нагрузочного тестирования ограничены, оно может быть использовано в целях оценки прогноза. Наиболее важными конечными (твердыми) точками в наблюдательных исследованиях являются инфаркт миокарда и смерть. Стенокардия является менее важной конечной точкой, потому что интервенционное вмешательство в случае ее развития может быть отложено без существенного вреда для пациента. Кроме того, использование стенокардии в качестве конечной точки является методологически слабым местом, так как в случаях, когда известно, что раньше тест у этого пациента был положительным, любая боль в груди при настоящем тестировании может быть расценена как стенокардитическая. Тем не менее, во многих исследованиях принято использовать комбинированные конечные точки, включающие и стенокардию.

В целом, относительный риск вероятных неблагоприятных событий повышен у пациентов с положительным результатом теста, хотя абсолютный риск кардиальных осложнений у асимптомных лиц остается низким: 1-2% в течение года, даже если смещение сегмента ST ассоциируется с факторами риска. Последние исследования в качестве прогностического критерия использовали депрессию сегмента ST более 1 мм с оценкой ST-интеграла и индекса ST/ЧСС. Последний оказался прогностически значимым, в то время как одна депрессия сегмента ST не показала своей прогностической значимости во Фрамингемском исследовании.

По-видимому, нет никакой взаимосвязи между проведением максимального или субмаксимального тестирования и предсказательной ценностью смещения ST-сегмента. Однако появление ишемии на низких мощностях нагрузки ассоциируется с относительно более высоким риском последующих неблагоприятных событий. Депрессия сегмента ST, появляющаяся после первых 6 минут стандартного протокола Брюса, ассоциируется с относительным риском 6.7 для мужчин и 3.6 – для женщин; в то время как ишемия в первые 5 минут нагрузки ассоциируется с относительным риском для мужчин – 14.7, для женщин – 5.6.

Положительный результат теста в большей степени ассоциируется с последующим развитием стенокардии, чем серьезных кардиальных событий (инфаркта и смерти). Даже при учете всех конечных точек (включая развитие стенокардии), эти осложнения развиваются у меньшинства асимптомных пациентов с положительным результатом теста, а вероятность пострадать от ненужных, дорогостоящих и потенциально опасных вмешательств – сохраняется.

Кроме того, большинство пациентов с развившейся в последующем кардиальной смертью имеют отрицательный результат нагрузочного теста, так как чувствительность этого метода в оценке прогноза кардиальной смерти является низкой. Учитывая высокую вероятность ложноположительного результата у асимптомных лиц, несколько исследований для оценки прогноза использовали многофакторный анализ, когда помимо самого смещения сегмента ST учитывались и

другие показатели нагрузочного теста: выраженность и продолжительность изменений ST-смещения, учет реакции АД на нагрузку, факторов риска и результатов стресс-визуализирующих тестов. При таком подходе результаты нагрузочного теста становятся прогностически значимыми: относительный риск развития «твердых» конечных точек составляет от 4:1 до 5:1.

9.5. Кого тестировать?

9.5.1. Популяция в целом

Ценность общепопуляционных скрининговых программ (например, с целью выявления болезней сердца в раннем возрасте) ограничена тем, что тяжелая ИБС (требующая вмешательства) у асимптомных пациентов встречается чрезвычайно редко. Хотя риск самой нагрузки является незначительным, ложно-положительный результат теста может явиться причиной необоснованного беспокойства пациента и серьезно повлиять на его трудоустройство и страхование. В связи с этим рутинное использование нагрузочного теста у здоровых асимптомных лиц в целях диагностики ИБС считается нецелесообразным.

По мнению экспертов Американской Службы Профилактики – USPSTF (United States Preventive Services Task Force), рутинный скрининг как с целью выявления ИБС, так и с целью оценки риска вероятных неблагоприятных коронарных событий нецелесообразен среди взрослых с низким риском ИБС. Им не рекомендуются не только нагрузочное тестирование, но и регистрация ЭКГ в покое, а также электронно-лучевая компьютерная томография. Считается, что эти диагностические методы нередко дают ложноположительные результаты у этой категории обследуемых, что приводит к избыточному лечению, инвазивным процедурам, эффекту "ярлыка" и т.д. Так, ишемическое смещение сегмента ST ($\geq$ 1 мм) при нагрузочном тестировании встречается у 5 – 25% обследуемых, при этом выявляемость тяжелой ИБС у асимптомных мужчин средних лет составляет всего 0,5%. Поэтому эксперты уверены, что вред от подобного скрининга больше, чем его польза. Глава Комитета Экспертов, доктор Ted Calonge (Отдел Общественного Здравоохранения и охраны окружающей среды, Денвер, Колорадо) считает: "Самая важная вещь, которую лица с низким риском могут сделать – это вместе с лечащим врачом регулярно контролировать артериальное давление, холестерин, вес и быть достаточно активными физически" [92].

Аналогичное мнение высказывают М.Л. Поллок и Д.Х. Шмидт [16], приводя результаты исследований, анализирующих прогноз у физически здоровых лиц с повышенным уровнем холестерина, не имеющих симптомов ИБС: при выявлении у них при нагрузке патологической реакции сегмента ST только у 1 из 20 можно ожидать развития стенокардии, инфаркта или кардиальной смерти через 5-8 лет после тестирования. Остальным 19 приходится решать психологические, социологические и финансовые проблемы псевдоположительного теста.

9.5.2. Лица с факторами риска атеросклероза

В исследовании SHWS (Seattle Heart Watch Study) результат нагрузочного теста не был прогностически значимым для группы в целом, но среди лиц с 1 и более факторами риска в сочетании с любыми из 2 патологических ответов на нагрузку (боль в груди, продолжительность теста менее 6 минут, достижение менее чем 90% от расчетной максимальной ЧСС, депрессия сегмента ST) выявлено 30-кратное увеличение кардиального риска.

При 8.4-летнем наблюдении за 25.927 здоровыми мужчинами в возрасте от 20 до 82 лет риск кардиальной смерти оказался выше среди тех, у кого наличие факторов риска атеросклероза сочеталось с положительным результатом нагрузочного теста, при этом увеличение количества факторов риска в сопоставимых по возрасту группах сопровождалось увеличением этого риска. В то же время, у лиц с положительным результатом теста и отсутствием факторов риска частота развития кардиальной смерти статистически не отличалась от группы лиц с отрицательным результатом нагрузочного теста [46].

При наблюдении в течение 26 лет за 2014 условно здоровыми мужчинами в возрасте от 40 до 60 лет, которым был проведен симптом-ограниченный тест на велоэргометре, многофакторный анализ, учитывающий не только классические факторы риска (возраст, артериальная гипертензия, курение, уровень холестерина), а их комбинацию с показателями нагрузочного теста (физическая работоспособность в кДж/кг, положительный/отрицательный результат теста; значение систолического АД при нагрузке 100 Вт; максимально достигнутая ЧСС) оказался более значимым в отно-

шении предсказания кардиальной смерти, особенно у курильщиков с уровнем холестерина выше 6.5 ммоль/л [52].

В исследовании MRFIT пациенты с патологическим результатом нагрузочного теста (критерием служил индекс ST/ЧСС) были разделены на обычную группу наблюдения и группу активной модификации факторов риска. В последней группе удалось добиться снижения риска развития неблагоприятных кардиальных событий.

Считается, что нагрузочное тестирование может оказаться полезным для мужчин в возрасте старше 45 лет, имеющих 1 и более факторов риска, при этом – чем больше факторов риска, тем больше пользы от тестирования. В связи с чем факторы риска должны быть четко определены: повышение холестерина более 240 мг/дл (более 6.5 ммоль/л), повышение систолического АД выше 140 мм рт.ст. или диастолического – выше 90 мм рт.ст., курение, диабет, случаи внезапной смерти и острых коронарных событий у родственников первой степени родства в возрасте младше 60 лет.

Важность более интенсивной модификации факторов риска у пациентов с диабетом обсуждалась в более ранних американских руководствах (по снижению уровня холестерина, лечению артериальной гипертензии, ведению пациентов с сахарным диабетом). У асимптомных пациентов, страдающих диабетом, вероятность ИБС увеличивается при наличии хотя бы одного из перечисленных состояний: возраст старше 35 лет; диабет 2 типа давностью более 10 лет; давность диабета 1 типа более 15 лет; любые дополнительные факторы атеросклероза, способствующие развитию ИБС: микроваскулярные поражения (пролиферативная ретинопатия или нейропатия, включая микропротеинурию); заболевания периферических сосудов; автономная нейропатия. Нагрузочное тестирование рекомендуется этим пациентам в случаях, когда они планируют заниматься физическими нагрузками средней и высокой интенсивности. Не рекомендуется расширять показания для тестирования пациентов с более низким сердечно-сосудистым риском, поскольку результаты тестирования вряд ли повлияют на исход.

Помимо пациентов с диабетом и заболеваниями периферических сосудов, к группе высокого риска развития ИБС относятся такие состояния, как предшествующая трансплантация сердца и хроническая почечная недостаточность. У этих пациентов вполне вероятно выявление при тестировании ИБС, требующей вмешательства. К сожалению, частично из-за часто сопутствующей этим состояниям сердечной недостаточности, функциональное тестирование у этих пациентов оказывается малоинформативным, поэтому им показаны стресс-визуализирующие методики.

9.5.3. Тестирование перед началом тренирующих программ

Существуют различия между тестированием пациентов с установленной ранее бессимптомной ИБС и теми, у кого анамнез ИБС отсутствует. Хотя он и незначительный, но риск внезапной смерти при проведении нагрузочного теста у пациентов с болезнями сердца выше, чем в популяции в целом. Среди пациентов с болезнями сердца (включая ИБС) нагрузочное тестирование рекомендуется как средство стратификации риска. Точно так же, пациентам с диабетом и тем, кто получает гипотензивную терапию, нагрузочный тест может оказаться полезным для выбора тренирующего режима перед началом реабилитационных программ.

Остановка сердца чаще развивается при нагрузке, чем в состоянии покоя, поэтому чаще регистрируется не у физически активных, а у малоподвижных лиц. То есть, когда малоподвижные лица начинают заниматься физическими упражнениями, какой-то период времени у них есть повышенный риск развития кардиальных событий. Поэтому нагрузочное тестирование может оказаться целесообразным при тестировании асимптомных малоподвижных мужчин старше 45 и женщин старше 55 лет, если планируемые нагрузки будут более тяжелыми, чем ходьба. Однако, у асимптомных пациентов без известных болезней сердца абсолютный риск серьезных кардиальных событий в период повышения физической активности слишком мал, а данные, оправдывающие или критикующие целесообразность тестирования у этих лиц, отсутствуют. Так, предсказательная ценность положительного результата теста в отношении развития последующих, связанных с нагрузкой кардиальных событий, при наблюдении за 3617 асимптомными мужчинами с повышенным уровнем холестерина (Lipid Research Clinics study), оказалась равной 0.3% через 1 год и 4% – через 7.4 года.

9.5.4. Специальные группы

Люди, чья работа может повлиять на общественную безопасность (летчики, водители грузового и общественного транспорта, железнодорожники, пожарники, сотрудники правоохранительных органов), часто подвергаются периодическому нагрузочному тестированию для оценки физической работоспособности и оценки прогноза в отношении развития ИБС. Пока недостаточно данных, оправдывающих такой подход, но в ряде случаев тестирование этих лиц регламентировано ведомственными инструкциями.

9.6. Значение для клинической практики

Использование нагрузочного тестирования для выявления ИБС у асимптомных лиц является спорной темой, что создает определенные трудности в выработке рекомендаций, согласующихся с привычной клинической практикой. Существующие данные показывают, что у асимптомных лиц, несмотря на редкие случаи выявления ИБС, результат теста часто оказывается ложноположительным. Следствием этого является дополнительное, зачастую ненужное и дорогостоящее обследование, неблагоприятное психологическое воздействие, а также – необоснованное ограничение в профессиональной деятельности и страховании. Перед решением провести нагрузочный тест у асимптомого пациента эти проблемы должны быть обсуждены с пациентом, и на основе полной информации от него должно быть получено информированное согласие на проведение теста.

Заключение о положительном результате теста должно основываться не только на смещении ST-сегмента, но также учитывать физическую работоспособность, реакцию ЧСС и АД на нагрузку и в восстановительном периоде и наличие факторов риска атеросклероза. Дальнейшая тактика будет предполагать или модификацию факторов риска у лиц с положительным результатом теста и отсутствием других патологических ответов на нагрузку, или дополнительное стресс-визуализирующее тестирование у лиц с явно положительным результатом и множественными факторами риска.

10. ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ (MAXIMAL WORK CAPACITY) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЕЛОЭРГОМЕТРИИ

Физическая работоспособность является одним из самых важных прогностических показателей тестирования. Исследования последних двух десятилетий отчетливо демонстрируют, что физическая работоспособность и уровень тренированности являются независимыми предикторами как кардиальной, так и общей смертности [46].

Учитывая, что наиболее объективным показателем функциональных возможностей кардиореспираторной системы является МПК, деление обследуемых на разные уровни физической работоспособности проводится с учетом его значений, полученных по результатам теста. В таблице 30 (на стр. 109) приведены данные из работы S.N. Blair и соавт. [43] о риске смерти условно здоровых лиц от заболеваний в зависимости от уровня МПК (цит. по [3]). Взаимосвязь уровня работоспособности и смертности была подтверждена теми же авторами в более поздней работе [44]. При среднем сроке наблюдения 8.4 года за 25.341 мужчинами и 7080 женщинами в возрасте от 20 до 88 лет, прошедшими предварительное медицинское обследование, включая максимальный нагрузочный тест на тредмиле, у мужчин общая смертность и смертность от сердечно-сосудистых заболеваний были достоверно связаны с низкой тренированностью (ОР: относительный риск=1.52), курением (ОР=1.65), измененной ЭКГ (ОР=1.64), хроническими заболеваниями (ОР=1.63), повышенным уровнем холестерина (ОР=1.34), повышенным систолическим АД (ОР=1.34). Независимыми предикторами смертности у женщин оказались низкая тренированность (ОР=2.1) и курение (ОР=1.99). Авторы подчеркивают, что независимо от наличия или отсутствия других факторов риска обследуемые со средней (средние 40%) и высокой степенью тренированности (лучшие 40%) имели меньшую степень риска по сравнению с плохо тренированными (худшие 20%) и считают, что врачи должны советовать всем пациентам, ведущим сидячий образ жизни, быть более активными физически.

J. Myers и соавт. [81] приводят данные о наблюдении за мужчинами (SD: средний возраст 59±11.2 лет), которым максимальный тест на тредмиле был проведен по медицинским показаниям. При средней продолжительности наблюдения 6.2 ± 3.7 лет за 2534 лицами с отрицательным результатом нагрузочного теста и отсутствием анамнестических данных об ИБС, а также – за 3679 лицами с патологическим результатом теста или анамнезом сердечно-сосудистых болезней, в обеих группах скорректированное по возрасту снижение уровня физической работоспособности ассоциировалось с ростом относительного риска смерти от всех причин. Относительный риск смерти среди мужчин, относящихся к самой низкой квинтили физической работоспособности, в сравнении с наивысшей квинтилью составил 4.5 для лиц без болезней сердца и 4.1 – для мужчин с анамнезом сердечно-сосудистой или легочной патологии, патологическим результатом теста, или их комбинацией (рис. 11).

Г.Л. Апанасенко и Р.Г. Науменко [2] отмечают, что существуют некоторые границы МПК, ниже которых происходят нарушения нормального функционирования организма. Первая из этих границ, обозначенная авторами как «безопасный уровень» соматического здоровья, характеризуется уровнем МПК 40-42 мл/ кг/мин (11-12 МЕТ) для мужчин и 33-35 мл/кг/мин (10-11 МЕТ) для женщин, что соответствует показателям ВЭМ – 3 Вт/кг для мужчин и 2 Вт/ кг – для женщин. Ниже этого уровня весьма возможно развитие эндогенных факторов риска и формирование хронического соматического заболевания. При дальнейшем уменьшении этого показателя — ниже 10 МЕТ (35 мл/кг/мин) у мужчин и 9 МЕТ (32,5 мл/кг/мин) у женщин — возрастает риск смерти. При обследовании более чем 1000 лиц авторами обнаружено, что в группе с высокой физической работоспособностью (выше 100% должного МПК) не было хронических соматических болезней, в группе с работоспособностью выше среднего уровня (91 – 100% должного МПК) – заболевания выявлены у 6% всех обследованных, в группе со средней работоспособностью (75 – 90% должного МПК) – различные хронические заболевания регистрировались уже у 25% обследованных. При таком подходе критическим в отношении развития соматических болезней и смерти является средний уровень работоспособности.

Должное МПК (ДМПК) в мл/мин/кг предлагается рассчитывать следующим образом:

для мужчин ДМПК = 52 – (0,25 × возраст),

для женщин: ДМПК= 44 – (0,20 × возраст).

Для расчета ДМПК в л/мин L. Martin [75] приводит такие формулы:

для мужчин ДМПК = 4.2 – (0,032 × Возраст) ± 0,4;

для женщин ДМПК = 2,6 – (0,014 × Возраст) ± 0,4.

В настоящее время нет единых стандартов оценки физической работоспособности по результатам велоэргометрии. Сложности их разработки объясняются несколькими причинами:

- нормативы, основанные на среднестатистических данных, разрабатываются при обследовании контингентов, существенно различающихся по исходным поло-возрастным, антропометрическим, профессиональным и клиническим данным;
- для разработки нормативных значений используются разные протоколы дозирования нагрузки, что создает трудности в последующем сравнении результатов;
- результаты, полученные в разных лабораториях, могут существенно отличаться из-за того, что оборудование, используемое для тестирования, изначально различается по своим характеристикам, которые еще и изменяются в процессе эксплуатации, а доступные средства для проверки и настройки велоэргометров на сегодняшний день отсутствуют [13];
- в качестве критерия оценки работоспособности используются различные показатели: абсолютные значения достигнутого потребления кислорода или МЕТ, различные процентные соотношения полученного (или рассчитанного) по результатам теста МПК и ДМПК, выполненная нагрузка в ваттах, продолжительность теста в минутах, достигнутая ЧСС.
- отсутствует единообразный подход к градации физической работоспособности: разные авторы предлагают ее деление на 3 – 7 уровней, используя в качестве критерия деления или различные процентили, или доверительные интервалы, или средние значения, или их стандартное отклонение.

В результате мнения разных авторов о нагрузке, соответствующей тому или иному уровню работоспособности, существенно отличаются. Так, Б.М. Липовецкий [21, 22] считает, что за нормальную (среднюю) работоспособность мужчин среднего возраста можно считать 9-10 – минутную продолжительность непрерывной ступенчато-нарастающей нагрузки на велоэргометре с мощностью нагрузки на последней ступени от 150 до 175 Вт при длительности одной ступени – 3 минуты. В.И. Маколкин [24] независимо от возраста и пола у пациентов с нейро-циркуляторной дистонией, используя термин «толерантность к физической нагрузке», считает, что предельная нагрузка 25-75 Вт считается показателем низкой ТФН, 100-125 Вт – средней, 150 Вт и более – высокой ТФН.

Наиболее известна 5-уровневая градация физической работоспособности у лиц разного пола и возраста по результатам пробы PWC_{AF} (Таблица 31 на стр. 110), протокол проведения которой описан в разделе 2.6.2. В последние 30 секунд каждой ступени оценивается достигнутая ЧСС, значения которой подставляются в формулу:

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

где PWC_{AF} – физическая работоспособность (кгм/мин, вт) при достижении субмаксимальной возрастной ЧСС; AF – субмаксимальная возрастная ЧСС, равная 87% от максимальной (220 минус возраст); W_1 и W_2 – мощности первой и второй ступени нагрузки; f_1 и f_2 – ЧСС в конце первой и второй ступени.

Авторами приводятся данные о том, что у здоровых молодых нетренированных мужчин величины PWC_{170} обычно колеблются в пределах 850 – 1100 кгм/мин (2,4 Вт/кг), у женщин – 450-850 кгм/мин (1,7 Вт/кг).

В.В. Власов [13] предлагает оценивать физическую работоспособность по продолжительности ВЭМ к моменту достижения пациентом субмаксимальной ЧСС. При этом субмаксимальная мощность нагрузки рассчитывается с учетом роста, возраста, пола пациентов и их мышечной массы (см. раздел 2.6.2.). В этом случае «хорошей» работоспособностью считается достижение субмаксимальной ЧСС при субмаксимальной мощности работы, «удовлетворительной» – достижение субмаксимальной ЧСС при 75% от должной субмаксимальной мощности работы, «низкой» – при 25-50% от должной субмаксимальной мощности.

В.М. Михайлов [27] предлагает 5-уровневую градацию физического состояния, исходя из величины должного основного обмена (ДОО) и достигнутой ЧСС (см. раздел 2.6.2.): очень плохое – не выдержал нагрузки; плохое – достигнутая ЧСС более 96% от максимальной возрастной; удовлетворительное – ЧСС от 86 до 96% от максимальной возрастной; хорошее – ЧСС от 76 до 86% от максимальной возрастной; отличное – ЧСС менее 76% от максимальной возрастной.

Наиболее точным методом оценки МПК является его прямое определение непосредственно в момент проведения нагрузки. Однако, в большинстве случаев МПК (или потребление кислорода на пике нагрузки) рассчитывается косвенным способом с использованием номограмм или формул, полученных эмпирическим путем (см. раздел 2.6.). При этом следует учитывать, что расчет МПК по номограмме Астранд и по формуле Карпмана основаны на экстраполяции субмаксимальных нагрузок на предполагаемые максимальные, поэтому их нельзя использовать при максимальных (симптом-ограниченных) тестах, так как полученные значения МПК и уровень физической работоспособности в этом случае окажутся существенно завышенными. Кроме того, дискутируется вопрос о том, можно ли использовать указанные способы расчета МПК при проведении нагрузки по иным протоколам, чем те, на которых они были разработаны. Так, В.М. Михайлов [27] считает, что номограмму Астранд нельзя использовать при многоступенчатых протоколах, в то время как И.В. Аулик [10] не отрицает такой возможности.

Для определения уровня работоспособности по МПК (в мл/мин/кг), рассчитанному по результатам субмаксимального теста, можно использовать таблицы 32 и 33 (на стр. 111).

E. Shvartz и R.C. Reibold [87] предлагают 7-уровневую градацию физического состояния по уровню МПК для лиц в возрасте от 5 до 75 лет (рис. 12).

Myers J. и соавт. [81] за нормативные значения работоспособности в МЕТ используют формулу регрессии, разработанную при максимальном тестировании ветеранов на тредмиле: МЕТ = 18.0 – (0.15 × возраст). После чего вычисляется процентное соотношение выполненной максимальной нагрузки в МЕТ и расчетной: (выполненные МЕТ/рассчитанные по формуле МЕТ) × 100.

Нами разработана 5-уровневая градация физической работоспособности по результатам субмаксимальных и максимальных (симптом-ограниченных, пороговых) велоэргометрий (всего – 936 ВЭМ), основанная на процентном соотношении достигнутого на пробе пикового потребления кислорода (а при субмаксимальных тестах – рассчитанного косвенным способом МПК) к должному для данного возраста и пола [2, 3]: высокая работоспособность (101% ДМПК и выше), выше средней (91-100% ДМПК), средняя (75-90 % ДМПК), ниже средней (61-74% ДМПК) и низкая (менее 61% ДМПК). Для каждого уровня работоспособности вычислялись средние значения таких показателей, как выполненная нагрузка в Вт, Вт/кг и МЕТ. Полученные результаты представлены в таблицах 34 и 35 (на стр. 112).

За рубежом физическая работоспособность (толерантность к нагрузкам, функциональные возможности) оценивается только по результатам максимальных нагрузочных тестов, в отличие от работ отечественных авторов, которые считают вполне допустимым рассчитывать ее и по результатам субмаксимальных проб. Тем не менее, учитывая значительные индивидуальные колебания максимальной ЧСС, а также – исходно существующую 10-20% вероятность ошибки при расчете МПК косвенными способами, для более точной оценки физической работоспособности ее предпочтительнее проводить по результатам не субмаксимальных, а максимальных (симптом-ограниченных) тестов.

Таким образом, нагрузочное тестирование позволяет провести количественную оценку физической работоспособности. Но остается неясным, насколько необходимо ее оценивать у здоровых и асимптомных лиц, ведь положительная прогностическая значимость более высокого уровня физической подготовки уже доказана, и совсем не обязательно проводить нагрузочный тест, чтобы рекомендовать обследуемому быть физически активным. К сожалению, оценка работоспособности по результатам велоэргометрии в настоящее время является не только областью научных изысканий и не только способом повысить мотивацию обследуемых к увеличению двигательной активности, но и служит критерием профессионального отбора, не имея на это достаточной доказательной базы.

11. НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ [54, 94]

11.1. Показания к проведению теста

Класс I:	1. Оценка физической работоспособности детей и подростков с врожденными пороками сердца, после хирургической коррекции врожденных аномалий сердца и детей с приобретенными болезнями клапанов и миокарда. 2. Обследование детей с симптомами стенокардии. 3. Оценка адекватности работы кардиостимулятора при нагрузке. 4. Обследование молодых спортсменов с симптомами, обусловленными нагрузкой.
Класс IIA:	1. Оценка адекватности медикаментозного, хирургического лечения и эффекта радиочастотной аблации у тех детей с тахиаритмиями, у кого аритмия до лечения провоцировалась нагрузкой. 2. Как дополнение – для оценки тяжести врожденных или приобретенных сердечных пороков, особенно аортального стеноза. 3. Оценка сердечного ритма при нагрузке у детей с известной или вероятной нагрузочно-провоцируемой аритмией.
Класс IIB:	1. Как компонент оценки детей и подростков с наличием в семейном анамнезе случаев необъяснимой внезапной смерти у молодых лиц, связанной с нагрузкой. 2. Наблюдение за лицами с вероятным развитием поражения коронарных сосудов вследствие таких заболеваний, как болезнь Кавасаки и systemic lupus erythematosus. 3. Оценка желудочкового ответа и желудочковых аритмий у детей и подростков с врожденной атриовентрикулярной блокадой. 4. Оценка реакции ЧСС на нагрузку у детей и подростков, получающих β-блокаторы, для определения адекватности медикаментозной β-блокады. 5. Оценка реакции корригированного интервала QT (удлинение или укорочение) на нагрузку у детей и подростков – как дополнение в диагностике наследственных синдромов удлиненного QT. 6. Оценка реакции АД на нагрузку и/или его соотношения при измерении на руке и ноге – после операции коррекции коарктации аорты. 7. Оценка степени десатурации, провоцируемой нагрузкой, у детей и подростков со сбалансированными или невыраженными врожденными «синими» сердечными пороками.
Класс III:	1. Скрининг здоровых детей и подростков перед планируемыми спортивными состязаниями. 2. Рутинное использование нагрузочного тестирования у детей и подростков с болевым синдромом в грудной клетке нестенокардитического характера, часто наблюдаемым в этом возрасте. 3. Оценка наджелудочковой и желудочковой экстрасистолии у детей и подростков, не имеющих других заболеваний (кроме экстрасистолии)

11.2. Особенности нагрузочного тестирования у детей и подростков в сравнении со взрослыми

Так как в молодом возрасте ИБС встречается редко, риск нагрузочного тестирования у детей и подростков является минимальным, а показания, целесообразность и интерпретация результатов отличаются от таковых у взрослых. Осложнения при проведении нагрузочного теста у детей возникают чрезвычайно редко, даже когда обследование проводится у детей с врожденными аномалиями сердца и аритмиями. Более того, считается, что нагрузочное тестирование, проведенное под врачебным контролем, является более безопасным, чем привычная двигательная активность ребенка, так как при дворовых играх дети зачастую достигают нагрузок намного более интенсивных.

Нагрузочное тестирование у детей и подростков чаще всего проводится с целью оценки физической работоспособности, известных или вероятных нагрузочно-индуцируемых аритмий, а также для оценки симптомов, обусловленных физической нагрузкой. Как и у взрослых, у детей выделяют три основных группы показаний к прекращению нагрузки: когда необходимые диагностические данные получены или достигнуты планируемые критерии прекращения нагрузки; когда выявлена неисправность используемого оборудования и когда появляются потенциально опасные для пациента симптомы. Критерии прекращения нагрузки у детей аналогичны взрослым (см. раздел 2.9).

Используемое для тестирования оборудование должно быть рассчитано на детей малого роста. Протокол дозирования нагрузки должен учитывать массу тела и рост обследуемых. Интерпретация результатов должна проводиться с учетом нормативов, учитывающих использованнный протокол нагрузки, пол, возраст и антропометрические данные ребенка.

Нагрузка для детей должна быть достаточно интенсивной, но не длительной [11].

Дети менее взрослых приспособлены к выполнению максимальных нагрузок, и для достижения максимальных усилий их необходимо подбадривать, иначе трудно распознать истинное ограничение физической работоспособности от простого нежелания выполнять нагрузку из-за отсутствия взаимопонимания между врачом и ребенком. По этой причине в большинстве лабораторий для оценки физической работоспособности детей нагрузочное тестирование проводится с использованием газоанализа для измерения МПК и анаэробного порога.

11.3. Оценка интенсивности нагрузки (шкала Борга)

Хотя субъективная оценка интенсивности усилий при одной и той же мощности нагрузки разными детьми оценивается по-разному, при повторных тестированиях удается достигать все более воспроизводимых результатов. Шкала Борга может быть использована как для сравнения степени достигнутого утомления при повторных тестированиях одного и того же ребенка, так и для сравнения достигнутой при нагрузке степени утомления с той, которая испытывается при привычной ежедневной активности или при спортивных занятиях.

11.4. Оценка реакции ЧСС на нагрузку

У детей небольшой ударный объем, обусловленный малыми размерами сердца, при нагрузке компенсируется более частым сердцебиением, поэтому они достигают большей максимальной ЧСС, чем взрослые. В постпубертате максимальная ЧСС снижается с возрастом на 7-8 уд/минуту каждые последующие 10 лет. При одном и том же уровне нагрузки девочки имеют более высокую ЧСС, чем мальчики, как и дети с избыточной массой тела по сравнению с худыми. Нагрузка при высокой или низкой температуре окружающей среды вызывает более высокую ЧСС, чем нагрузка, проводимая при нейтральной температуре. Пиковые значения ЧСС зависят от исходного уровня тренированности: у лиц с первоначально высокой максимальной ЧСС в процессе регулярных физических тренировок она может снижаться. Нельзя судить об уровне физического состояния только по ЧСС. Для этого необходимо использовать такие показатели тестирования, как потребление кислорода на пике нагрузки, анаэробный порог, общую продолжительность нагрузки и объем выполненной работы.

По нашим данным, при ступенчато-возрастающей нагрузке на велоэргометре при достижении ЧСС 170 уд/мин только 35% из 187 мальчиков 15-17 лет воспринимали ее как истинно субмаксимальную (5-10 баллов по 10-уровневой шкале Борга), остальные 65% или недооценили выполненную нагрузку, или она действительно являлась для них недостаточной. Существующие различия в

восприятии интенсивности нагрузки при достижении ЧСС 170 уд/мин лишний раз свидетельствуют о том, что одна ЧСС не может быть критерием оценки работоспособности.

Также на величину ЧСС при нагрузке влияют мотивация ребенка к выполнению нагрузки, взаимопонимание тестируемого и тестирующего, вид используемого протокола. При тредмил-тесте достигается большая максимальная ЧСС, чем при тесте на велоэргометре. В среднем, максимальная ЧСС у детей и подростков по данным разных авторов колеблется в диапазоне между 190 и 210 уд/минуту.

11.5. Реакция АД на нагрузку

Учитывая развивающуюся при нагрузке периферическую вазодилатацию, у части здоровых лиц нагрузка может вызвать снижение диастолического АД, а если оно повышается, то незначительно. Часто у детей диастолическое АД на пике нагрузки не удается определить (тоны Короткова выслушиваются вплоть до 0 мм рт.ст. – феномон «бесконечного тона»).

Отсутствие повышения или снижение систолического АД при нагрузке ниже исходного уровня является показателем тяжелой кардиальной дисфункции. Это происходит вследствие невозможности адекватно возрастающей нагрузке повысить сердечный выброс при сохраняющемся нормальным периферическом сопротивлении. Чаще всего это бывает при тяжелом аортальном стенозе или кардиомиопатии. Однако, снижение систолического АД на пике нагрузки не столь специфично, как хотелось бы и может регистрироваться и у здоровых лиц.

Максимальные значения систолического АД у детей и подростков редко превышают 200 мм рт.ст., с другой стороны, отсутствуют данные об опасности достижения здоровыми и асимптомными детьми 250 мм рт.ст.-уровня систолического АД.

Наши данные о реакции систолического АД на субмаксимальную велоэргометрическую нагрузку у мальчиков-подростков представлены в таблице 36 (на стр. 113). Если значения систолического АД и инотропного резерва находятся в диапазоне указанного в таблице интердецильного размаха, реакцию АД на субмаксимальную нагрузку можно считать нормальной; если они превышают 90-ю процентиль, то реакцию можно считать гипертонической; а если оказываются ниже 10-й процентили – гипотонической (недостаточной). При этом следует понимать, что предлагаемая нами описательная характеристика реакции АД на нагрузку отражает лишь отклонения от среднестатистических величин и не носит прогностического значения, так как исследования влияния гипо- или гипертонической реакции АД на прогноз в нашем исследовании не проводилось.

Степень повышения систолического и диастолического АД при нагрузке увеличивается с возрастом и размерами тела. У мальчиков систолическое АД при нагрузке выше, чем у девочек, так как ударный объем у них больше.

Восстановление исходного АД у большинства здоровых детей происходит в первые 6 минут отдыха или меньше. У части лиц АД снижается ниже преднагрузочного уровня и остается таким в течение нескольких часов.

11.6. Электрокардиографические изменения

Оценка смещения сегмента ST при нагрузке у детей проводится аналогично оценке у взрослых. Интерпретация смещения сегмента ST (как и у взрослых) не может быть адекватной, если исходно изменена желудочковая реполяризация (при блокадах ножек п.Гиса, синдроме WPW, имплантированном кардиостимуляторе).

Физиологическая депрессия точки J при нагрузке выявляется у 9% мальчиков и 18% девочек при использовании стандартного метода определения изолинии и у 2,3% мальчиков и девочек при использовании PR-метода определения изолинии (рис. 6).

11.7. Потребление кислорода, анаэробный порог, оксиметрия

При тестировании детей потребление кислорода при максимальных нагрузках редко достигает уровня плато, поэтому у них обычно определяется не максимальное, а пиковое потребление кислорода (потребление кислорода на пике выполненной нагрузки). Обычно дети способны повысить исходное потребление кислорода в 10-15 раз, а спортсмены – в 20 раз. Как и у взрослых,

у детей потребление кислорода прямо связано с мышечной массой и поэтому предпочтительнее измерять его в относительных единицах (мл/мин/кг). У здоровых детей пиковое потребление кислорода колеблется в диапазоне между 36 и 60 мл/мин/кг.

У детей анаэробный порог является более чувствительным маркером оценки физического состояния, чем потребление кислорода, ЧСС или объем выполненной работы. Анаэробный порог как у мальчиков, так и у девочек, соответствует ЧСС около 170 уд/мин. Потребление кислорода к моменту достижения анаэробного порога составляет у мальчиков – около 35 мл/мин/кг (75% от МПК), а у девочек – около 30 мл/мин/кг (70% от МПК).

У детей с врожденными пороками сердца для оценки наличия или отсутствия гипоксемии, провоцируемой нагрузкой, может быть использована пульсоксиметрия. У здоровых детей насыщенность крови кислородом (сатурация) при максимальном тесте составляет более 90%. Десатурация (менее 90%) при нагрузке является патологической реакцией и может быть проявлением сердечно-легочной патологии. Однако, хорошо тренированные атлеты также могут демонстрировать снижение сатурации ниже 90%.

11.8. Протоколы

Учитывая, что результаты тестирования в значительной степени зависят от типа нагрузки и вида протокола, нагрузочное тестирование должно проводиться стандартизированно. Стандартизация позволяет сравнивать результаты повторных тестирований у одного и того же обследуемого, или сравнивать их с нормативными данными [93]; а также – сравнивать результаты, полученные в разных лабораториях.

При тестировании детей протокол должен обязательно учитывать размеры ребенка, его возраст и уровень здоровья. Учитывая, что в реальной практике в разных учреждениях используются разные протоколы дозирования нагрузки, считается предпочтительным каждой лаборатории разработать собственные нормативы оценки результатов тестирования, а не ориентироваться на опубликованные, например: Джеймса [62], Годфрея [58], Алперта [37, 38].

В отечественной литературе [11, 18] наиболее подробно изложена методология проведения и оценки результатов велоэргометрии по пробе PWC_{170} – оценка физической работоспособности ребенка при достижении пульса 170 уд/минуту. При этом предлагается дозировать нагрузку как по протоколу Карпмана (см. разделы 2 и 10), так и непрерывно ступенчато с продолжительностью одной ступени не более 3 минут, или прерывисто с продолжительностью одной ступени не более 5 минут и 10-минутным отдыхом между ступенями. Темп вращения педалей составляет 60 оборотов в минуту, но у детей младшего возраста (до 9 лет) рекомендуется менять темп вращения педалей, так как у них прекращение работы может быть обусловлено местным утомлением мышечных групп. Если к моменту окончания теста ребенок не достиг пульса 170 уд/минуту, то расчет мощности, при которой он бы ее достиг (PWC_{170}) рассчитывается так же, как указано в разделе 10.

Последние годы для тестирования подростков предлагается использовать не прерывистые, а непрерывно-возрастающие протоколы. Например, В.М. Михайлов [26], описывая ВЭМ у здоровых подростков 14-15 лет, указывает, что они легко достигают ЧСС более 170 в минуту, поэтому нет необходимости оценивать физическую работоспособность по тесту PWC_{170} косвенным способом.

Считается, что ЧСС 170 уд/мин у здоровых детей достигается при мощности нагрузки около 3 Вт/кг, поэтому мощность 1, 2 и 3 ступеней обычно составляет 1, 2 и 3 Вт/кг соответственно.

Должную максимальную мощность нагрузки у детей от 5 до 15 лет можно определить ориентировочно по формуле S. Godfrey (1974):

$$W_{max} = 15 \times (P\text{-}100)/6,$$

где W_{max} – это максимальная мощность нагрузки в ваттах, P – рост ребенка в сантиметрах (цит. по [11]).

По нашим данным, пульс 170 уд/минуту 15-17-летние мальчики (ИМТ=19.6 кг/м^2) достигают при мощности нагрузки 2.2 Вт/кг при средней продолжительности непрерывно-возрастающей нагрузки с 3-минутной продолжительностью одной ступени – около 8 минут.

11.9. Оценка физической работоспособности

Отечественными авторами предлагаются разные критерии оценки физической работоспособности детей и подростков по данным велоэргометрии (Таблицы 37 и 38 на стр. 113-114).

В таблице 39 (на стр. 115) представлена разработанная нами 5-уровневая градация физической работоспособности мальчиков 15-17 лет, основаная на сопоставлении выполненной субмаксимальной нагрузки и МПК, рассчитанным косвенным способом по номограмме Астранд. Физическая работоспособность оценивалась по отношению полученного по результатам теста МПК (мл/мин/кг) к средним нормативным значениям – должному МПК (ДМПК). За нормативные значения ДМПК взяты данные В.Л. Карпмана (Таблица 38 на стр. 114). Вычислялось процентное соотношение МПК/ДМПК и в зависимости от полученного результата физическая работоспособность делилась на 5 уровней по принципу, предложенному Г.Л. Апанасенко (см. раздел 10). Для каждого уровня работоспособности рассчитывались средние значения и 95%-доверительные интервалы показателей выполненной субмаксимальной мощности нагрузки в ваттах (Вт); ваттах, отнесенных к массе тела (Вт/кг) и в МЕТ. Как видно из таблицы, наибольшие различия между разными уровнями физической работоспособности выявлены по таким показателям, как выполненная нагрузка в Вт/кг и МЕТ, а также – по индексу экономичности (ИЭ=ДП/Вт). Значит, и оценка физической работоспособности по этим показателям окажется более точной, чем по мощности нагрузки в ваттах. Судя по полученным нами данным, двойное произведение не позволяет оценить физическую работоспособность подростков.

Следует иметь в виду, что отсутствуют данные крупных исследований о влиянии различных уровней работоспособности здоровых подростков на отдаленный прогноз, поэтому любая из ее градаций ориентирована лишь на среднестатистические цифры, полученные при тестировании определенной группы лиц, и не должна быть критерием профессионального отбора, а тем более – постановки диагноза или назначения лечения. Результат тестирования, проведенного с целью оценки физической работоспособности, может лишь способствовать мотивации обследуемого к повышению двигательной активности, при этом средний уровень работоспособности (при 5-уровневой градации), ориентируясь на интерпретацию результатов у взрослых [2, 3], можно (предположительно) считать критическим в плане развития возможных соматических болезней.

11.10. Тестирование детей и подростков с сердечно-сосудистыми проблемами и врожденными пороками [54]

11.10.1. Тестирование детей и подростков с болью в грудной клетке

Боль в груди у детей и подростков – явление распространенное. Обычно боль бывает кратковременной, носит колющий или режущий характер, возникает как при нагрузке, так и в покое. Типичные ангинальные боли у детей и подростков чрезвычайно редки. Проведение нагрузочного тестирования с целью оценки болевого синдрома в грудной клетке у детей и подростков – не рекомендуется, кроме случаев описания типичных ангинозных болей, связанных с нагрузкой. У детей с документированными нарушениями вентиляционной функции легких причиной болевого синдрома в грудной клетке часто является бронхоспазм, обусловленный нагрузкой.

11.10.2. Нагрузочное тестирование у детей с врожденными пороками сердца с лево-правым сбросом (до оперативного вмешательства)

Результаты нагрузочного тестирования у молодых лиц с лево-правым сбросом, обусловленным такими пороками сердца как дефект межпредсердной или межжелудочковой перегородки, или открытый аорто-пульмональный проток, обычно бывают нормальными в случаях, когда дефекты малые или средние. Эти пациенты обычно асимптомны, а нагрузочный тест не добаляет ничего нового для оценки этих пороков. Большинство детей с выраженными размерами дефектов обычно подвергаются хирургической коррекции порока еще до того, как достигнут возраста, когда принято проводить нагрузочный тест. Более взрослые дети с выраженными лево-правыми шунтами часто имеют низкую толерантность к физическим нагрузкам. Нагрузочный тест у этих пациентов может помочь в идентификации лиц, не способных к выполеннию физических нагрузок. Обычно для принятия решения об оперативном вмешательстве у этих лиц нагрузочный тест не требуется, но может быть полезен в случаях, когда причина ограничения работоспособности остается неясной.

У лиц с лево-правым сбросом, обусловленным выраженным шунтом между аортой (выше аортальных клапанов) и легочным стволом, может регистрироваться депрессия сегмента ST в покое из-за относительной недостаточности коронарной перфузии в диастолу. Депрессия сегмента ST в этих случаях может выявиться и при нагрузочном тесте, но мало информативна для принятия решения об оперативном вмешательстве. Ложно-положительные изменения ЭКГ могут регистрироваться у пациентов с лево-правыми сердечными пороками, получающих дигоксин.

Ограничение толерантности к нагрузкам, аритмии, изменения сегмента ST при нагрузке и/или снижение сатурации могут регистрироваться у пациентов с лево-правыми шунтами и развившейся высокой легочной гипертензией (синдром Эйзенменгера). Нагрузочное тестирование является потенциально опасным у этой категории лиц и обычно им не проводится. Нагрузочный тест может быть использован для оценки эффективности проводимой терапии, направленной на снижение легочной гипертензии и улучшение легочного кровотока.

11.10.3. Нагрузочное тестирование у детей с врожденными пороками сердца с лево-правым сбросом (после оперативного вмешательства)

Большинство пациентов с оперированными лево-правыми пороками сердца показывают очень хорошие результаты тестирования и через много лет после оперативного вмешательства. Обычно нагрузочное тестирование у этих пациентов не проводится. Показанием для проведения нагрузочного теста у этой группы лиц является появление симптомов, связанных с нагрузкой; известные или ожидаемые при нагрузке аритмии и ограничения способности к выполнению нагрузок. У некоторых пациентов через много лет после коррекции атриальных дефектов появляются предсердные аритмии, которые часто можно выявить при нагрузке. Нагрузочный тест может быть полезен для выявления желудочковых аритмий у пациентов, прооперированных в детстве по поводу пороков межжелудочковой перегородки. Также нагрузочный тест может быть полезен у пациентов с прооперированными лево-правыми шунтами, сопровождающимися до операции повышенным легочным сопротивлением – как для оценки толерантности к нагрузкам, так и для выявления лиц, склонных к нагрузочным аритмиям. Нагрузочный тест часто бывает необходим для оценки спортсменов, прооперированных по поводу лево-правых пороков сердца.

11.10.4. Нагрузочное тестирование у лиц с врожденными «синими» сердечными пороками

Большинство из этих пациентов бывают уже прооперированными к моменту проведения нагрузочного теста. Часть из них подвергаются только паллиативным операциям. Толерантность к нагрузкам у этих пациентов обычно ниже средней и при нагрузке у них отмечается снижение сатурации. Хронотропный ответ на нагрузку у них обычно недостаточный с низкой ЧСС на пике нагрузки. После оперативного вмешательства отмечается повышение переносимости нагрузок этими пациентами. Обычно перед планируемым оперативным вмешательством проведение нагрузочного теста у этой категогии лиц не требуется.

11.10.5. Нагрузочное тестирование у пациентов с коарктацией аорты

После операции коррекции коарктации аорты у детей дошкольного возраста физическая работоспособность и кардиопульмональная функция обычно сохраняются нормальными. Систолическое АД во время нагрузки и градиент между АД на руке и ноге (градиент «рука-нога») в восстановительном периоде могут быть использованы для оценки наличия резидуального сужения или рекоарктации. Когда тестируются пациенты после оперативной коррекции коарктации аорты, сразу после нагрузки возможно увеличение градиента систолического АД между измеренным на руке и на ноге в сравнении с его исходным значением в покое. Это может быть проявлением остаточной обструкции и используется для оценки эффективности различных хирургических методик коррекции этого порока. Иногда градиент «рука-нога» в восстановительном периоде используется как индикатор для проведения повторной катетеризации. Некоторые авторы считают, что данные восстановительного периода могут быть достаточны для отбора тех пациентов, кому требуется дальнейшее вмешательство. Иные, чем остаточный стеноз, факторы могут вносить вклад в увеличение градиента «рука-нога» в восстановительном периоде. Резидуальные градиенты во время нагрузки приводят к гипердинамической функции левого желудочка и повышению систолического АД на верхних конечностях во время отдыха. Резидуальная коарктация может проявляться чрезмерным повышением систолического АД во время нагрузки, но одно только систолическое АД не может

использоваться в качестве индикатора рекоарктации и ее степени, так как и у здоровых детей при нагрузке отмечаются значительные колебания значений систолического АД. Среди педиатров-кардиологов существуют существенные разногласия в отношении того, какая реакция АД при нагрузке является показанием для планируемого хирургического вмешательства. Нагрузочный тест может играть важную роль в оценке пригодности для участия в интенсивных спортивных состязаниях ребенка, успешно прооперированного по поводу коарктации аорты. Иногда нагрузочный тест может оказаться полезным у пациентов с коарктацией аорты в сочетании с другими пороками (такими, как пороки аортального клапана) – для оценки их гемодинамической значимости.

11.10.6. Нагрузочное тестирование у детей и подростков со стенозом легочного ствола

Хотя градиент на пульмональном клапане при нагрузке повышается, обычно для определения стратегии в отношении интервенционных вмешательств достаточно физикального осмотра и данных, полученных в состоянии покоя. Желудочковые аритмии, цианоз (вследствие право-левого сброса при открытом овальном окне) и ишемическое смещение сегмента ST обычно развиваются при нагрузке у пациентов с выраженной степенью стеноза. Нагрузочное тестирование с целью определения дальнейшей тактики ведения пациента в большинстве случаев пульмональных стенозов не проводится. Не проводится нагрузочный тест обычно и для оценки возможности участия спортсменов, оперированных по поводу пульмонального стеноза, в интенсивных спортивных состязаниях. Оно может быть проведено перед началом тренирующих программ у тех спортсменов, у кого до операции порок был выраженным и сопровождался дилатацией правого желудочка.

11.10.7. Нагрузочное тестирование у детей и подростков с аортальным стенозом или регургитацией

Нагрузочный тест используется с целью оценки выраженности обструкции при аортальном стенозе. Особенно широко он использовался в то время, когда были недоступны ЭХОКГ и допплеровские методики. Ожидаемые патологические реакции у детей с аортальными стенозами – это смещение сегмента ST при нагрузке, падение систолического АД или неспособность его к повышению адекватно увеличивающейся нагрузке и индуцируемые нагрузкой аритмии. Хотя смещение сегмента ST коррелирует с тяжестью обструкции, градиент давления на клапане в покое – не единственная причина появления смещения сегмента ST. Главной причиной смещения сегмента ST при нагрузке у пациентов с аортальными стенозами является несоответствие между поставкой и потребностью в кислороде миокарда левого желудочка. Депрессия сегмента ST у прооперированных пациентов уменьшается вместе со снижением градиента на клапане, при этом ее прогностическая значимость в сравнении с неоперированными лицами – снижается. Реакция систолического АД на нагрузку у детей существенно варьирует, и зачастую здоровые дети демонстрируют при нагрузке недостаточный его прирост. И хотя у детей с тяжелыми аортальными стенозами систолическое АД повышается медленнее, чем у здоровых детей, его реакция на нагрузку не может быть использована в качестве диагностического критерия.

Критический аортальный стеноз обычно диагностируется при врачебном осмотре и при проведении ЭХОКГ. У этих пациентов нагрузочное тестирование несет определенный риск осложнений и для принятия решения об оперативном вмешательстве обычно не используется. Лица с умеренными аортальными стенозами также хорошо диагностируются опытными экспертами, при необходимости использующими ЭХОКГ. Нагрузочный тест мало что может добавить в оценке тяжести стеноза у этой группы лиц, а полученный патологический ответ чаще всего является ложноположительным. Нагрузочный тест в комбинации с данными других обследований может дать полезную информацию в отношении лиц, у которых аортальный стеноз явно не является ни выраженным, ни умеренным. Критерии для принятия решения об оперативном вмешательстве, основанные только на результатах нагрузочного теста, отсутствуют.

Нагрузочный тест часто проводится с целью оценки возможности участия в спортивных занятиях детей с аортальными стенозами как до, так и после хирургического лечения.

Аортальная регургитация является причиной дилатации левого желудочка как при статических, так и при динамических нагрузках, а депрессия сегмента ST при гемодинамически значимой регургитации – ожидаемое явление. Предсказательная ценность смещения сегмента ST в отношении выраженности градиента давления на клапане при аортальном стенозе и регургитации является низкой.

Нагрузочный тест может быть полезен в оценке физической работоспособности детей с аортальной регургитацией, а также – перед планируемыми занятиями спортом у этой категории лиц.

11.10.8. Нагрузочный тест после хирургической коррекции тетрады Фалло

После успешной хирургической коррекции порока у детей повышается толерантность к нагрузкам. Низкая толерантность к нагрузкам отмечается у многих лиц с резидуальными гемодинамическими отклонениями. Нагрузочный тест может быть использован для выявления детей с аритмиями. Сложные желудочковые аритмии при нагрузке у этих лиц коррелируют с риском внезапной кардиальной смерти. Для оценки эффективности проводимой антиаритмической терапии может быть использована серия повторных нагрузочных тестов. Вероятность развития аритмий в позднем послеоперационном периоде диктует необходимость проведения периодического (раз в 3-4 года) нагрузочного тестирования у этой группы пациентов. Эта рекомендация более применима к детям старшего возраста, подвергшимся оперативному вмешательству несколько лет назад. Нагрузочный тест необходим как один из компонентов оценки перед планируемыми интенсивными спортивными занятиями у детей, оперированных по поводу тетрады Фалло, в первую очередь – в отношении выявления у них аритмий, провоцируемых нагрузкой.

11.10.9. Нагрузочное тестирование после операции Фонтана

Низкая толерантность к нагрузкам, низкий сердечный выброс и низкое потребление кислорода, развитие предсердных или желудочковых аритмий при нагрузке, ограничение пика ЧСС при нагрузке и развитие цианоза – ожидаемые явления при проведении нагрузочного теста у этой группы пациентов. После оперативной коррекции порока может отмечаться повышение физической работоспособности. Нагрузочный тест помогает в оценке физической работоспособности и выявлении нагрузочно-индуцируемых аритмий у пациентов после этой операции.

11.10.10. Нагрузочное тестирование у пациентов с кардиомиопатиями

Нагрузочный тест у детей с гипертрофической кардиомиопатией не является привычным этапом обследования. Дети с тяжелой кардиомиопатией или выраженной обструкцией относятся к группе риска вероятных осложнений, обусловленных нагрузкой. Аритмии, изменения сегмента ST, падение АД и низкий сердечный выброс при нагрузке характерны для этой группы пациентов. Иногда нагрузочный тест может быть полезен для оценки эффективности проводимой терапии у этих пациентов.

Дети с дилатационной кардиомиопатией имеют ограниченную физическую работоспособность. У них часто выявляются изменения сегмента ST. Нагрузочный тест может оказаться полезным в выявлении аритмий. Выживаемость этих пациентов коррелирует с уровнем физической работоспособности. Данные нагрузочного теста влияют на принятие решения о сроках сердечной трансплантации.

Рестриктивная кардиомиопатия является редким явлением в сравнении с гипертрофической или дилатационной. Заболевание у этих детей идентифицируется позже, а сами дети кажутся менее больными, чем страдающие дилатационной кардиомиопатией, хотя время от постановки диагноза до летального исхода у них короче. У этих детей при нагрузочном тесте физическая работоспособность оказывается близкой к нормальной, что не отражает реального положения дел.

11.10.11. Нагрузочный тест у детей и подростков с обмороками

Особенностями обмороков, обусловленных кардиальной патологией и опасных для жизни, являются: резкая потеря сознания без предшествующей продромы или ауры; связь обмороков с физической нагрузкой и вероятность повреждений, обусловленных резким падением. Нагрузочный тест является важным компонентом в оценке вероятных аритмий, обструкции выходного тракта левого желудочка у детей и подростков с синкопальными состояниями, обусловленными нагрузкой.

11.10.12. Нагрузочный тест у детей и подростков с предсердными аритмиями

Предсердная экстрасистолия у молодых лиц встречается часто и не представляет опасности. Проведение нагрузочного теста с целью оценки предсердных экстрасистолий считается ненужным.

Нагрузка у большинства детей с предсердными тахикардиями не провоцирует их. Нагрузочный тест может оказаться полезным в редких случаях, когда известно, что тахикардия провоцируется нагрузкой. При аритмиях, провоцируемых нагрузкой, повторные нагрузочные тесты могут использоваться с целью оценки эффективности проводимого антиаритмического лечения.

11.10.13. Нагрузочный тест у детей и подростков с желудочковыми аритмиями

Изолированные желудочковые экстрасистолы у асимптомных детей и подростков обычно исчезают при высокой ЧСС, обусловленной нагрузкой. Отсутствует необходимость в проведении нагрузочного теста, чтобы это продемонстрировать.

Нагрузочный тест часто бывает полезным в выявлении желудочковой тахикардии и оценке эффективности ее лечения. Желудочковая тахикардия, обусловленная нагрузкой, часто регистрируется как у детей без структурных изменений сердца, так и при миокардитах, кардиомиопатии или врожденных пороках сердца. Аритмогенная дисплазия правого желудочка особенно часто ассоциируется с появлением желудочковой тахикардии, обусловленной нагрузкой.

Реакция корригированного интервала QT на нагрузку (его укорочение или удлинение) используется как дополнительная оценка врожденных синдромов «длинного» QT. Учитывая, что проблематично точно измерить корригированный QT при нагрузке, ценность его измерений для принятия решений в пограничных случаях подвергается сомнению. Альтернация зубца Т является относительно специфичной, но не привычной находкой при нагрузочном тестировании пациентов с синдромом удлиненного интервала QT. Иногда нагрузочный тест у этих пациентов может выявить желудочковую тахикардию.

11.10.14. Нагрузочный тест у детей с нарушениями проводимости и пейсмекерами

Нагрузочный тест у детей с врожденной полной атриовентрикулярной блокадой полезен для принятия решения о необходимости постановки кардиостимулятора (оцениваются реакция желудочкового ответа на нагрузку и провоцируемые нагрузкой желудочковые аритмии). В некоторых случаях полезно оценить адекватность реакции на нагрузку имплантированных частотно-адаптивных стимуляторов, а также – чувствительность и гистерезис стимуляторов, не обладающих частотно-адаптивными функциями.

11.10.15. Нагрузочный тест у детей и подростков с известной или вероятной ИБС

Некоторые детские болезни являются предикторами развития в будущем патологии коронарных сосудов. К ним относятся операции по поводу аномального отхождения левой коронарной артерии от пульмонального ствола; некоторые случаи тетрады Фалло с аномальным отхождением правой коронарной артерии от левой коронарной или от левого синуса Вальсальвы; случаи оперативной коррекции транспозиции крупных артерий; болезнь Кавасаки с аневризмами коронарных артерий. Нагрузочное тестирование у молодых лиц, относящихся к указанным категориям, обычно проводится перед планируемыми занятиями спортом у асимптомных пациентов, а также тогда, когда необходимо идентифицировать ишемию у тех из них, у кого появляются симптомы, похожие на ишемические.

11.10.16. Нагрузочное тестирование у детей и подростков после трансплантации сердца

Нагрузочное тестирование у лиц после трансплантации сердца обычно выявляет замедленную реакцию ЧСС на нагрузку, что обусловлено кардиальной денервацией, что в свою очередь ведет к замедленной реакции на циркулирующие в крови катехоламины. Физическая работоспособность у этих детей обычно является нормальной. Через несколько лет после трансплантации может отмечаться реиннервация сердца, но ангинозные боли у этой категории лиц обычно отсутствуют. У этих пациентов часто регистрируются полные блокады ножек пучка Гиса, что ограничивает диагностические возможности нагрузочной ЭКГ. В большинстве трансплантологических педиатрических центров нагрузочное тестирование для выявления ишемических изменений не вытеснило периодическое ангиографическое исследование коронарных сосудов, но остается полезным дополнением при наблюдении за детьми, подвергшимися сердечной трансплантации. Чувствительность и специфичность нагрузочного тестирования в оценке посттрансплантационной ИБС у детей остается неизвестной.

11.10.17. Нагрузочное тестирование после операций коррекции транспозиции магистральных артерий

У прооперированных детей отмечается нормальная физическая работоспособность и нормальная реакция сегмента ST на нагрузку, хотя продолжительность наблюдения за этими детьми является меньшей, чем при других операциях. Дефекты перфузии, выявляемые при сцинтиграфии у этих пациентов, имеют сомнительное значение.

Многие более взрослые дети с транспозицией магистральных сосудов подвергаются хирургической коррекции в связи с атриальными нарушениями. Физическая работоспособность и реакция ЧСС на нагрузку у этих лиц ограничены, хотя у многих – нормальны. Неадекватный хронотропный ответ обычно связан с развитием правожелудочковой дилатации и является показанием к постановке пейсмекера.

12. ФОРМИРОВАНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТА [46, 83]

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.
- Критерий 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 (при протоколе «рэмп» – через каждые 2 минуты).
- 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: функциональный класс по NYHA у пациентов с установленными сердечно-сосудистыми заболеваниями; уровень физической работоспособности у лиц без установленных болезней сердца с указанием использованного критерия оценки.

Дополнительный блок

- Рекомендации о дальнейших диагностических и/или лечебных мероприятиях.
- Заключение о прогнозе.

12.1. 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 перенесенном Q-инфаркте на 2 мм и более, а при инфаркте без Q – на 1 мм и более от исходного уровня (кроме отведений AVR и V_1);
3. Тест прекращен 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;
5. Тест прекращён из-за приступа стенокардии или падения АД без признаков ишемии миокарда у пациентов с верифицированной ранее ИБС;
6. Во время теста у больного с подтверждённым диагнозом ИБС появились нарушения ритма или проводимости.

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

«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.

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 появлении 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.

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

12.2. Оценка реакции ЧССи АД на нагрузку

При формулировании заключения о реакции ЧСС на нагрузку принято характеризовать ее как нормальную, брадикардитическую или гиперреактивную. А 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 4, 7, 20, для подростков – в таблице 36. При этом реакцию АД, превышающую верхнюю границу среднестатических значений с учетом стандартного отклонения (или 90-ю процентиль) можно охарактеризовать как гипертоническую, находящуюся в указанном диапазоне – нормотоническую, ниже нижней границы указанного диапазона (или ниже 10-й процентили) – гипотоническую. Реакцию ЧСС, соответственно – как гиперреактивную, нормальную или брадикардитическую. Также для характеристики реакции ЧСС на нагрузку можно использовать формулы, предложенные В.Л. Карпманом (см. раздел 1.4.1.). 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 среднестатических и не могут быть основанием для постановки диагноза, а тем более – ограничений в профессиональной деятельности, так как их прогностическое значение не изучено.

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 быстроте восстановления ЧСС и АД к исходному уровню: хорошая – восстановление происходит в первые 5 минут; удовлеворительная – 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.

12.3. Уровень функциональных возможностей

Для оценки функциональных возможностей обследуемых могут быть использованы таблицы 26, 27 и 31-35. Для детей и подростков – таблицы 37-39.

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

$$W = W_1 + t_2 \times (W_2 - W_1)/180,$$

где W_1 и W_2 – соответственно мощность предпоследней и последней ступеней, а t_2 – 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 MET 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.

12.4. 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 (Таблица 22), 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 (Таблица 28).

12.5. Заключение о прогнозе

Суммируя вышесказанное, по результатам нагрузочного теста можно сделать следующие заключения о прогнозе:

1. Оценить риск летального исхода в ближайший год у пациентов с установленной или вероятной ИБС (но не при недавнем инфаркте миокарда) по тредмил-индексу Дюка (Таблица 28).
2. У пациентов с нестабильной стенокардией с низким риском развития инфаркта миокарда при отрицательном результате нагрузочного теста риск развития неблагоприятных кардиальных событий в течение ближайших 6 месяцев составляет менее 1% (т.е., прогноз считается благоприятным).
3. Если при нагрузке у пациента с синдромом WPW исчезают признаки предвозбуждения, это ассоциируется с низкой вероятностью развития желудочковой тахикардии, индуцированной нагрузкой.
4. Парадоксальное увеличение корригированного QT при нагрузке (более чем на 10 мсек) идентифицирует пациентов с высоким риском развития проаритмогенного эффекта антиаритмических препаратов 1А класса.
5. Индуцированное нагрузкой расширение комплекса QRS у пациентов, получающих антиаритмики 1С класса, опасно в отношении развития желудочковой тахикардии.
6. У исходно нормотензивных пациентов избыточность повышения систолического и диастолического АД на нагрузку (рис. 3), систолическое АД > 214 мм рт.ст. на пике нагрузки при тредмил-тесте, а также повышение систолического АД или диастолического АД к 3-й минуте восстановительного периода ассоциируется со значимым увеличением риска развития артериальной гипертензии в ближайшие 4-8 лет.
7. У мужчин, не имеющих в анамнезе ИБС, инсульта и не принимающих гипотензивных средств, отношение достигнутого систолического АД к продолжительности теста в минутах >19.7 мм рт.ст./минуту ассоциируется 2-кратным повышением риска развития инсульта в течение ближайших 10 лет в сравнении с теми, у кого оно <16.1 мм рт.ст./минуту. Отношение систолического АД на 3-й минуте восстановительного периода к максимальному систолическому АД при нагрузке, превышающее 0.95, ассоциируется у них почти с 5-кратным ростом риска инсульта в сравнении с теми, у кого это отношение <0.85.

8. У пациентов с инфарктом миокарда неблагоприятными в отношении годичной выживаемости являются: неспособность выполнить ранний субмаксимальный тест; отсутствие повышения или снижение систолического АД на фоне нагрузки, а также – его повышение менее чем на 30 мм рт.ст. или менее 110 мм рт.ст. при симптом-ограниченном тестировании; стенокардия или индуцированная нагрузкой депрессия сегмента ST при малой мощности нагрузки (менее 5 МЕТ или менее 75-90 вт).
9. ДП $\leq$ 217 является независимым предиктором 6-месячной летальности у пациентов с инфарктом миокарда, в лечении которых использовался тромболизис.
10. Способность выполнить нагрузку на уровне 5-6 МЕТ (75-90 вт) при ЧСС не более 70-80% от максимальной возрастной при отсутствии патологических реакций ЭКГ и АД на нагрузку у пациентов с инфарктом миокарда ассоциируется с 1-2% летальностью в течение года и определяет возможность ранней выписки из стационара.
11. Оценить риск смерти от всех причин как у мужчин, так и у женщин (независимо от наличия или отсутствия ИБС) по реакции ЧСС на максимальную нагрузку: хронотропная некомпетентность ассоциируется с 84%-м увеличением риска смерти от всех причин в ближайшие 2 года.
12. Прирост ЧСС на максимальную нагрузку менее 89 уд/мин ассоциируется с 6-кратным увеличением риска внезапной смерти у условно здоровых мужчин в ближайшие 23 года.
13. Замедленная нормализация ЧСС в периоде восстановления после максимальной нагрузки (менее чем на 25 уд/мин) ассоциируется с 2-кратным увеличением риска внезапной смерти у условно здоровых мужчин в ближайшие 23 года.
14. Как у пациентов с ИБС, так и у асимптомных лиц (независимо от приема ß-блокаторов и уровня нагрузки, от тредмил-индекса Дюка, от реакции ЭКГ на нагрузку), снижение ЧСС ко 2-й минуте восстановительного периода $\leq$ 12 уд/мин (в положении сидя) в сравнении с ЧСС на пике нагрузки ассоциируется со значимым ростом риска смерти от всех причин в ближайшие 6 лет.
15. Неадекватная реакция систолического АД (снижение ниже преднагрузочного уровня, отсутствие его повышения, повышение менее чем на 40 мм рт.ст.) у мужчин, которым тест проводится для уточнения диагноза ИБС, ассоциируются с увеличением риска смерти в течение года до 15%.
16. Отсроченный систолический ответ (сист.АД на 3-й минуте отдыха/сист. АД на 1-й минуте отдыха > 1) ассоциируется с тяжелой ИБС.
17. Появление частой желудочковой экстрасиситолии (более 10% одиночных экстрасистол от всех желудочковых сокращений за любые 30 секунд нагрузки), или парная и групповая желудочковые экстрасистолы ассоциируется с 3-кратным увеличением риска кардиальной смерти у асимптомных мужчин среднего возраста через 23 года наблюдения.
18. Частая желудочковая эктопия, регистрирующаяся в восстановительном периоде, в сравнении с теми, у кого она регистрируется только в момент нагрузки, ассоциируется с увеличением риска смерти от всех причин в течение ближайших 5 лет.

Прогностическая оценка должна не только констатировать тяжесть состояния обследуемого, ту или иную угрозу развития кардиальных и/или фатальных осложнений, но и быть основой для последующих рекомендаций по тактике ведения пациента.

Из перечисленных выше только первые 10 можно использовать в качестве критерия для принятия того или иного решения о дальнейшем обследовании и/или лечении (направлении на коронарографию и реваскулярзацию, модификацию антиаритмического лечения, расширение двигательного режима, более активного воздействия на факторы риска и профилактику артериальной гипертензии и ее осложнений и пр.).

Остальные лишь констатируют более высокий риск будущих осложнений, а каким образом и на что воздействовать, чтобы этот риск снизить – остается пока областью научных изысканий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уже более двух десятилетий за рубежом существуют и с периодичностью в 4-6 лет обновляются руководства по нагрузочному тестированию, основанные на данных «доказательной» медицины. Однако в нашей стране эти стандарты почему-то широко не обсуждаются и не пропагандируются.

В результате, среди врачей до сих пор нет единого представления ни о методологии, ни о целях проведения нагрузочных проб, не говоря уже об интерпретации полученных результатов. Зачастую решение о проведении нагрузочного теста принимается не из соображений целесообразности, а исходя из личных представлений врача о пользе этого метода обследования, а результаты тестирования становятся критерием постановки диагноза или причиной ограничений в профессиональной деятельности, не имея на это серьезной доказательной базы.

Хочется надеяться, что представленный материал поможет врачам не только стандартизировать проведение и интерпретацию результатов велоэргометрии в разных группах обследуемых, но и осознать, что ее результаты должны рассматриваться не как критерий постановки диагноза, а как звено в цепи последовательных врачебных решений, ведущее к выбору оптимальной тактики ведения пациента.

Об авторе

Тавровская Татьяна Владимировна – кардиолог высшей категории, кандидат медицинских наук, врач кардиоинфарктного отделения МУЗ «Городская больница № 1» г. Барнаула, ассистент кафедры факультетской терапии Алтайского Государственного Медицинского Университета. Врачебный стаж – 23 года. Опыт проведения велоэргометрий – 6 лет.

Связаться с автором можно по электронному адресу: algoritm@ab.ru

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

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: аналгетики, спазмолитики, мезатон, адреналин (норадреналин), атропин, растворы морфина (промедола), нитроглицерина, преднизолона, лидокаина, новокаинамида, обзидана, строфантина (корглюкона), 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 (V_{1-2}), одного левого грудного (V_{5-6}).

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 «рэмп»-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 врабатывания.

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 мониторируется 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.

Помните !

- 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Информированное согласие пациента на проведение нагрузочного теста

Я даю добровольное согласие на проведение нагрузочного теста, который позволит оценить реакцию моей сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Информация, полученная в процессе тестирования, позволит моему лечащему врачу получить более полное представление о проблемах, связанных с моим сердцем, и оценить объем нагрузок, которые я могу переносить без ущерба для здоровья.

Мне объяснено, что исследование будет проводиться на велоэргометре (тредмиле) с постепенно возрастающей нагрузкой, что в момент проведения нагрузки за мной будут наблюдать врач и медсестра вплоть до появления симптомов, требующих прекращения теста и при необходимости – окажут мне медицинскую помощь. Этими симптомами могут быть усталость, одышка, дискомфорт в грудной клетке. Я осведомлен, что во время нагрузки у меня может чрезмерно повыситься или снизиться артериальное давление, могут появиться резкая слабость, изменения электрокардиограммы, нарушения ритма. Я знаю, что риск процедуры минимален и очень редко (менее чем в одном случае на 10000 исследований) возможен летальный исход.

Я прочитал информированное согласие, ориентирован в необходимости проведения этого исследования и удовлетворен ответами, полученными на мои вопросы.

Пациент_____ Дата_____

Врач_____ Свидетель_____

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ТАБЛИЦЫ

Таблица 1. Клинические эквиваленты MET. Цитируется по [53].

1 MET =	Состояние покоя
2 MET =	Скорость ходьбы 2 мили/час
4 MET =	Скорость ходьбы 4 мили/час
<5 MET =	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

Примечание: MET – метаболический эквивалент, равный потреблению кислорода в состоянии покоя; 1 MET = 3,5 мл кг-1 min-1 потребления кислорода.

Таблица 2. Нормальные значения максимального потребления кислорода в зависимости от возраста и пола. Цитируется по [53].

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.

Таблица 3. Показатели (максимальное потребление кислорода и потребление кислорода миокардом) и методы их измерения. Цитируется по [53].

VO2max (МПК) измеряется при газоанализе или по достигнутому уровню нагрузки
VO_{2max} (МПК) = МОК (ЧСС × УО) × артериовенозная разница по кислороду
MO_2 определяется напряжением стенки сердца (давление в ЛЖ × КДО ЛЖ), сократимостью и ЧСС. Определяется при катетеризации сердца.
MO_2 оценивается показателем ДП (двойное произведение) =ЧСС × 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.

Таблица 4. Динамика артериального давления и ЧСС при субмаксимальной непрерывно-возрастающей нагрузке на велоэргометре у нормотензивных мужчин разного возраста. Цитируется по [78].

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**

См. продолжение

Таблица 4. Продолжение

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 ± 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 5. Зависимость систолического АД (мм рт.ст.) от ЧСС (уд/мин) во время мышечной работы у лиц разного пола и возраста (при исходных нормальных значениях ЧСС покоя). Цитируется по [18].

Возраст, лет	АД, мужчины	АД, женщины
20-29	82,0 + ЧСС × 0,5	80,0 + ЧСС × 0,51
30-39	79,3 + ЧСС × 0,56	78,0 + ЧСС × 0,56
40-49	68,1 + ЧСС × 0,7	74,8 + ЧСС × 0,61
50-59	69,3 + ЧСС × 0,76	65,0 + ЧСС × 0,72

Таблица 6. Зависимость систолического АД (мм рт.ст.) от мощности нагрузки (кгм) у лиц разного пола и возраста (с нормальными его величинами в условиях покоя). Цитируется по [18].

Возраст, лет	Мужчины	Женщины
20-29	АД=0,050 × кгм + 116,0	АД=0,067 × кгм + 121,8
30-39	АД=0,056 × кгм + 117,4	АД=0,073 × кгм + 124,0
40-49	АД=0,070 × кгм + 115,7	АД=0,080 × кгм + 125,0
50-59	АД=0,076 × кгм + 121,0	АД=0,094 × кгм + 124,0

Таблица 7. Реакция систолического артериального давления (АД), двойного произведения (ДП) и ЧСС у условно здоровых лиц на непрерывно-возрастающую нагрузку на велоэргометре.

Параметр	Максимальная нагрузка[1]		Субмаксимальная нагрузка[2]	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины
Возраст, лет (min-max)	18 - 67	18 - 59	18 - 68	18 - 68
Количество ВЭМ	156	48	315	141
АД, мм рт.ст.[3]	180 - 240	150 - 210	170 - 220	140 - 200
ИР, мм рт.ст.[3]	60 - 110	40 - 83	50 - 100	30 - 70
ДП, усл.ед.[3]	266 – 426	248 - 357	275 - 370	231 - 300
ХР, уд/мин[3]	56 - 110	63 - 102	62 - 94	53 - 84

Примечание: ВЭМ – велоэргометрия; ИР – инотропный резерв: разница между максимально достигнутым и исходным систолическим АД; ХР – хронотропный резерв: разница между максимально достигнутой и исходной ЧСС; [1] – критерий прекращения нагрузки – предельная утомляемость; [2] – критерий прекращения нагрузки – достижение субмаксимальной ЧСС, определенной по таблице Шеффилда в модификации Б.М. Липовецкого; [3] – интердецильный размах (центральные 80% наблюдений между 10 и 90 процентилями).

Таблица 8. Энергетические затраты в МЕТ при ножной велоэргометрии. Цитируется по [84].

Масса тела, кг	Уровень нагрузки (кгм × мин$^{-1}$ и Ватты)						
	300 50	450 75	600 100	750 125	900 150	1050 175	1200 200
50	5,1	6,9	8,6	10,3	12,0	13,7	15,4
60	4,3	5,7	7,1	8,6	10,0	11,4	12,9
70	3,7	4,9	6,1	7,3	8,6	9,8	11,0
80	3,2	4,3	5,4	6,4	7,5	8,6	9,6
90	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6
100	2,.6	3,4	4,3	5,1	6,0	6,9	7,7

Примечание: Потребление кислорода (VO_2) при педалировании с исходным нулевым уровнем мощности соответствует 550 мл·мин$^{-1}$ для лиц массой тела от 70 до 80 кг.

Таблица 9. Шкала субъективной оценки выполненной нагрузки – Шкала Борга. Цитируется по [53].

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

Примечание: слева – оригинальная 15-уровневая шкала, справа – модифицированная самим автором 10-уровневая шкала (из Borg GA. Med Sci Sports Exerc. 1982;14:377-387).

Таблица 10. Уровень МЕТ при разных уровнях нагрузки при ручной велоэргометрии у мужчин в зависимости от массы тела. Цитируется по [84].

Вес, кг	Мощность нагрузки, Вт												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
46	4,5	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,1	7,8	8,5	9,3	10,1	11,0	12,0
50	4,0	4,3	4,6	5,0	5,4	5,9	6,4	7,0	7,7	8,4	9,2	10,0	10,9
55	3,7	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,4	7,1	7,7	8,4	9,2	10,0
59	3,4	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,5	7,1	7,8	8,5	9,2
64	3,2	3,4	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,5	6,0	6,6	7,2	7,8	8,5
68	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,1	6,7	7,3	8,0
73	2,7	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8	6,3	6,9	7,5
77	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,9	5,4	5,9	6,4	7,0
82	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6
86	2,3	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8	6,3
91	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9
96	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,7
100	2,0	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	5,0	5,4

Таблица 11. Уровень МЕТ при разных уровнях нагрузки при ручной велоэргометрии у женщин в зависимости от массы тела. Цитируется по [84].

Вес, кг	Мощность нагрузки, Вт												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
46	3,3	3,6	4,0	4,4	4,7	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,8	7,1
50	3,1	3,4	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9	6,1	6,3	6,6
55	2,9	3,3	3,6	3,9	4,2	4,4	4,7	5,0	5,2	5,5	5,7	5,9	6,1
59	2,8	3,1	3,4	3,7	3,9	4,2	4,5	4,7	4,9	5,1	5,4	5,6	5,8
64	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,4
68	2,6	2,9	3,1	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2
73	2,5	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9
77	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,7
82	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,7	3,9	4,1	4,2	4,4	4,5
86	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,6	3,8	3,9	4,1	4,2	4,3
91	2,3	2,5	2,7	2,8	3,0	3,2	3,3	3,5	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2
96	2,2	2,4	2,6	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7	3,8	3,9	4,1
100	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8	3,9

Таблица 12. Мощность 2-й ступени нагрузки при проведении теста PWC_{170} у лиц с недостаточностью питания, исполняющих воинскую обязанность. Цитируется по [27].

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

Таблица 13. Оценка физической работоспособности по тесту PWC_{170} (кгм/мин) у граждан с недостаточностью питания, исполняющих воинскую обязанность. Цитируется по [27].

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

Таблица 14. Определение максимального потребления кислорода (л/мин) по частоте сердечных сокращений при субмаксимальной нагрузке на велоэргометре у мужчин и женщин. Цитируется по [1].

ЧСС	МПК (л/мин)									
	Мужчины					Женщины				
	50 Вт	100 Вт	150 Вт	200 Вт	250 Вт	50 Вт	75 Вт	100 Вт	125 Вт	150 Вт
120	2,2	3,5	4,8	-	-	2,6	3,4	4,1	4,8	-
121	2,2	3,4	4,7	-	-	2,5	3,3	4,0	4,8	-
122	2,2	3,4	4,6	-	-	2,5	3,2	3,9	4,7	-
123	2,1	3,4	4,6	-	-	2,4	3,1	3,9	4,6	-
124	2,1	3,3	4,5	6,0	-	2,4	3,1	3,8	4,5	-
125	2,0	3,2	4,4	5,9	-	2,3	3,0	3,7	4,4	-
126	2,0	3,2	4,4	5,8	-	2,3	3,0	3,6	4,3	-
127	2,0	3,1	4,3	5,7	-	2,2	2,9	3,5	4,2	-
128	2,0	3,1	4,2	5,6	-	2,2	2,8	3,5	4,2	4,8
129	1,9	3,0	4,2	5,6	-	2,2	2,8	3,4	4,1	4,8
130	1,9	3,0	4,1	5,5	-	2,1	2,7	3,4	4,0	4,7
131	1,9	2,9	4,0	5,4	-	2,1	2,7	3,4	4,0	4,6
132	1,8	2,9	4,0	5,3	-	2,0	2,7	3,3	3,9	4,5
133	1,8	2,8	3,9	5,3	-	2,0	2,6	3,2	3,8	4,4
134	1,8	2,8	3,9	5,2	-	2,0	2,6	3,2	3,8	4,4
135	1,7	2,8	3,8	5,1	-	2,0	2,6	3,1	3,7	4,3
136	1,7	2,7	3,8	5,0	-	1,9	2,5	3,1	3,6	4,2
137	1,7	2,7	3,7	5,0	-	1,9	2,5	3,0	3,6	4,2
138	1,6	2,7	3,7	4,9	-	1,8	2,4	3,0	3,5	4,1
139	1,6	2,6	3,6	4,8	-	1,8	2,4	2,9	3,5	4,0
140	1,6	2,6	3,6	4,8	6,0	1,8	2,4	2,8	3,4	4,0
141	-	2,6	3,5	4,7	5,9	1,8	2,3	2,8	3,4	3,9
142	-	2,5	3,5	4,6	5,8	1,7	2,3	2,8	3,3	3,9
143	-	2,5	3,4	4,6	5,7	1,7	2,2	2,7	3,3	3,8
144	-	2,5	3,4	4,5	5,7	1,7	2,2	2,7	3,2	3,8
145	-	2,4	3,4	4,5	5,6	1,6	2,2	2,7	3,2	3,7
146	-	2,4	3,3	4,4	5,6	1,6	2,2	2,6	3,2	3,7
147	-	2,4	3,3	4,4	5,5	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6
148	-	2,4	3,2	4,3	5,4	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6
149	-	2,3	3,2	4,3	5,4	-	2,1	2,6	3,0	3,5
150	-	2,3	3,2	4,2	5,3	-	2,0	2,5	3,0	3,5

Таблица 14. Продолжение

ЧСС	МПК (л/мин)									
	Мужчины					Женщины				
	50 Вт	100 Вт	150 Вт	200 Вт	250 Вт	50 Вт	75 Вт	100 Вт	125 Вт	150 Вт
151	-	2,3	3,1	4,2	5,2	-	2,0	2,5	3,0	3,4
152	-	2,3	3,1	4,1	5,2	-	2,0	2,5	2,9	3,4
153	-	2,2	3,0	4,1	5,1	-	2,0	2,4	2,9	3,3
154	-	2,2	3,0	4,0	5,1	-	2,0	2,4	2,8	3,3
155	-	2,2	3,0	4,0	5,0	-	1,9	2,4	2,8	3,2
156	-	2,2	2,9	4,0	5,0	-	1,9	2,3	2,8	3,2
157	-	2,1	2,9	3,9	4,9	-	1,9	2,3	2,7	3,2
158	-	2,1	2,9	3,9	4,9	-	1,8	2,3	2,7	3,1
159	-	2,1	2,8	3,8	4,8	-	1,8	2,2	2,7	3,1
160	-	2,1	2,8	3,8	4,8	-	1,8	2,2	2,6	3,0
161	-	2,0	2,8	3,7	4,7	-	1,8	2,2	2,6	3,0
162	-	2,0	2,8	3,7	4,6	-	1,8	2,2	2,6	3,0
163	-	2,0	2,8	3,7	4,6	-	1,7	2,2	2,6	2,9
164	-	2,0	2,7	3,6	4,5	-	1,7	2,1	2,5	2,9
165	-	2,0	2,7	3,6	4,5	-	1,7	2,1	2,5	2,9
166	-	1,9	2,7	3,6	4,5	-	1,7	2,1	2,5	2,8
167	-	1,9	2,6	3,5	4,4	-	1,6	2,1	2,4	2,8
168	-	1,9	2,6	3,5	4,4	-	1,6	2,0	2,4	2,8
169	-	1,9	2,6	3,5	4,3	-	1,6	2,0	2,4	2,8
170	-	1,8	2,6	3,4	4,3	-	1,6	2,0	2,4	2,7

Таблица 15. Возрастные поправочные коэффициенты к величинам МПК по номограмме Астранд. Цитируется по [1].

Возраст, лет	Поправочный коэффициент
15	1,1
25	1,0
35	0,87
40	0,83
45	0,78
50	0,75
55	0,71
60	0,68
65	0,65

Примечание: МПК в л/мин умножается на поправочный коэффициент

Таблица 16. Частота сердечных сокращений при разных уровнях потребления кислорода (Andersen K. и соавт., 1971). Цитируется по [9].

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 17. ЧСС на уровне 85% от максимальной возрастной нормы. Цитируется по [27].

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 18. Субмаксимальный уровень ЧСС при нагрузках на велоэргометре (85% от максимальной ЧСС для женщин и нетренированных мужчин и 90% – для тренированных мужчин). Цитируется по [21].

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.

Примечание автора: интересно, что в таблице Б.М. Липовецкого субмаксимальная ЧСС у женщин меньше, чем у мужчин, что противоречит принятому представлению о том, что ЧСС у женщин должна быть больше, чем у мужчин того же возраста.

Таблица 19. Характеристика пациентов и мощности нагрузки в группах максимальных и субмаксимальных велоэргометрий (ВЭМ) [34].

		Мужчины		P 1-2	Женщины		P 1-2
		Максимальные ВЭМ (1) n = 47	СубмаксимальныеВЭМ (2) n = 47		Максимальные ВЭМ (1) n = 36	Субмаксимальные ВЭМ (2) n = 36	
Возраст (лет)	M ±SD	29,7 ± 7,7	32,0 ± 7,5	0,08	47,2 ± 9,8	46,4 ± 10,9	0,38
	min-max	20 - 44	20 - 42		20 - 64	23 - 62	
Масса тела (кг)	M ±SD	78,6 ± 11,1	79,8 ± 11,0	0,29	67,5 ± 11,2	68,5 ± 12,1	0,36
	min-max	62 -110	58 - 108		50 - 89	50 - 100	
Рост (см)	M ±SD	178,3 ± 6,4	176,4 ± 5,6	0,06	161,9 ± 5,6	162,8 ± 5,9	0,26
	min-max	162 - 190	164 - 188		151 - 172	154 - 183	
Нагрузка (Вт)	M ±SD	215 ± 31	164 ± 32	-	103 ± 22	76 ± 19	-
	min-max	150 - 300	110 - 250		45 - 160	35 - 115	

Примечание: SD – стандартное отклонение.

Таблица 20. 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 - 206	162 - 205	134 - 193	150 - 200	123 - 187	139 - 184	118 - 188	128 - 176	123 - 154	-
M ± SD	186 ±12	184 ±13	171 ±19	175 ±12	155 ±18	171 ±11	146 ±12	151 ±11	135 ±13	-

Примечение: min-max – минимальное и максимальное значение; M ± SD – среднее значение ± стандартное отклонение

Таблица 21. Предтестовая вероятность ИБС (на основании данных о возрасте, поле, клинических симптомах). Цит.по [57].

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 увеличивается 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 22. Предтестовая вероятность ИБС.

А. Предтестовая вероятность ИБС (%) у больных с симптомами заболевания. Цитируется по [60] с модификацией: средние значения округлены до целых чисел.

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

Б. Посттестовая вероятность ИБС (%) на основании пола, возраста, клинических симптомов и снижения сегмента ST на ЭКГ. Цитируется по [60]

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

Таблица 23. Диагностическая ценность ЭКГ-критериев ишемии миокарда (M ± m, %)

Критерий	Чувствительность	Специфичность	Прогностическая ценность
Горизонтальная депрессия сегмента ST[1]	98 ± 2	98 ± 3	98 ± 3
Косонисходящая депрессия сегмента ST[1]	19 ± 5	100 ± 2	100 ± 9
Депрессия косовосходящего сегмента ST[1]	41 ± 6	74 ± 6	73 ± 5
Подъем сегмента ST[2]	28 ± 6	76 ± 6	42 ± 8
Инверсия зубца Т	9 ± 4	100 ± 2	100 ± 20
Реинверсия зубца Т	17 ± 5	86 ± 5	59 ± 12
Усиление инверсии зубца Т	19 ± 5	78 ± 6	50 ± 11
Увеличение амплитуды зубца Т	34 ± 16	21 ± 6	32 ± 6
Уменьшение амплитуды зубца Т	72 ± 6	10 ± 4	47 ± 5
Увеличение амплитуды зубца R	61 ± 6	74 ± 6	73 ± 6
Болевой синдром	81 ± 6	67 ± 7	79 ± 6

Примечение: [1] – не менее 0,15 мВ; [2] – на 0,1 мВ и более; [3] – более чем на 0,1 мВ

Таблица 24. Оценка ближайшего риска развития внезапной смерти или нефатального инфаркта миокарда у пациентов с нестабильной стенокардией. Цитируется по [45, 56, 57].

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

Таблица 25. Факторы, влияющие на прогноз у пациентов с ИБС.

1. Состояние сократительной функции левого желудочка:
   - Инфаркт миокарда в анамнезе
   - Патологический Q на ЭКГ покоя
   - Симптомы застойной сердечной недостаточности
   - Рентгенологические признаки кардиомегалии
   - Фракция выбора
   - Конечно-систолический объем
   - Дискинетические движения стенок левого желудочка
   - Нарушения проводимости, выявляемые на ЭКГ
   - Митральная регургитация
   - Продолжительность нагрузки (толерантность)
2. Тяжесть ИБС:
   - Анатомическая протяженность и выраженность ИБС
   - Наличие коллатерального кровообращения
   - Преходящая ишемия при амбулаторном мониторировании ЭКГ
   - Подъем сегмента ST при стресс-пробах
3. Нестабильность атеросклеротической бляшки:
   - Нестабильность или прогрессирование ишемических симптомов
   - Преходящая ишемия на ЭКГ покоя
4. Электрическая нестабильность:
   - Желудочковые аритмии
5. Общее состояние:
   - Возраст
   - Сопутствующие болезни

Прогностические факторы, влияющие на оценку риска и прогноза

1. Факторы, предрасполагающие к прогрессированию заболевания:
   - Курение
   - Гиперлипидемия
   - Диабет
   - Артериальная гипертензия
2. Другие генетические/метаболические факторы

Таблица 26. Характеристика функциональных классов больных ишемической болезнью сердца по результатам пробы с физической нагрузкой*. Цитируется по [23].

Метод исследования	Показатель	Функциональный класс			
		I	II	III	IV
Спироэргометрия	Число МЕТ	≥ 7	4 – 6.9	2 – 3.9	< 2
	МПК (мл/мин/кг)	> 21	>14 - 21	7 - 14	< 7
Велоэргометрия	ДП	> 278	218 - 277	151 - 217	До 150
	Мощность последней ступени нагрузки	125 вт (750 кгм/мин) и более	75 – 100 вт (450-600 кгм/мин)	50 вт (300 кгм/мин)	25 вт (150 кгм/мин) или проба противопоказана

Примечание: МПК – максимальное потребление кислорода; МЕТ – метаболические единицы (МПК в мл/мин/кг, деленное на 3.5 мл/мин/кг); ДП - двойное произведение (произведение максимально достигнутых на пробе систолического АД и ЧСС, делённое на 100). Чтобы отнести пациента к одному из функциональных классов, он должен выполнить указанную мощность нагрузки без появления объективных признаков миокардиальной ишемии.

*Данная классификация разработана при использовании непрерывно-возрастающего протокола дозирования нагрузки с продолжительностью одной ступени 5 минут (т.е. пациенты выполняли больший объем работы, чем в настоящее время, когда продолжительность ступени обычно ограничивается 3 минутами). Если на последней ступени нагрузки пациент работал менее 3 минут, то за мощность последней ступени нагрузки принималось значение предшествующей ступени; если 3 минуты и более, то последняя ступень считалась выполненной.

Таблица 27. Средние значения (M) и доверительные интервалы (CI) показателей велоэргометрии у женщин и мужчин с ИБС и АГ разных ФК по NYHA. Цитируется по [34].

А. Женщины

ФК	Число ВЭМ	M,CI	Мощность нагрузки			ИЭ	ДП
			Вт	Вт/кг	МЕТ		
I	32	M	95	1,30	5,7	3,15	290
		CI	87 - 103**	1,22 - 1,38**	5,4 - 6**	2,9 - 3,4*	279 - 301*
II	52	M	71	0,94	4,5	3,96	263
		CI	65 - 77**	0,88 - 1,0**	4,3 - 4,7**	3,6 - 4,3*	247 - 279*
III	77	M	47	0,62	3,3	5,01	214
		CI	42 - 52**	0,56 - 0,68**	3,1 - 3,5**	4,6 - 5,5*	200 - 228*

Б. Мужчины

ФК по NYHA	Число ВЭМ	M,CI	Мощность нагрузки			ИЭ	ДП
			Вт	Вт/кг	МЕТ		
I	164	M	148	1,76	7,1	2,11	302
		CI	143 - 153*	1,7 - 1,82**	6,9 - 7,3**	2,03 - 2,19*	293 - 311*
II	126	M	100	1,20	5,2	2,40	230
		CI	95 - 105*	1,15 - 1,25**	5 - 5,4**	2,27 - 2,53*	219 - 241*
III	121	M	56	0,70	3,5	3,45	174
		CI	53 - 59*	0,65 - 0,75**	3,3 - 3,7**	3,18 - 3,72*	167 - 181*
IV	7	M	41	0,41	2,4	5,79	159
		CI	25 - 57*	0,18 - 0,64**	1,6 - 3,2**	2,27 - 9,31*	149 - 169*

Примечание: ИБС – ишемическая болезнь сердца; АГ – артериальная гипертензия; ФК – функциональный класс, NYHA – Нью-Йоркская кардиологическая ассоциация; МЕТ – метаболические единицы: МПК в мл/мин/кг, деленное на 3.5 мл/мин/кг; ИЭ – индекс экономичности: ДП/Вт [21]; ДП – двойное произведение: произведение максимально достигнутых на пробе систолического АД и ЧСС, делённое на 100; * - α =0,05, ** - α =0,01

Таблица 28. Тредмил-индекс Дюка, оценка риска и выживаемости. Цитируется по [56].

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

Таблица 29. Классификация пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН), основанная на пике потребления кислорода и анаэробном пороге. Цитируется по [57].

Класс ХСН	Выраженность ХСН	Пиковое потребление кислорода (мл/мин/кг)	Анаэробный порог (мл/мин/кг)
A	Нет или легкая	> 20	> 14
B	От легкой до средней	16 - 20	11 - 14
C	От средней до тяжелой	10 - 16	8 - 11
D	Тяжелая	< 10	< 8

Таблица 30. Относительный риск смерти (количество случаев на 10 тыс. человек в год) у мужчин (I) и женщин (II) от заболеваний в зависимости от уровня физической (аэробной) способности. Цитируется по [3]

Уровень физической способности	MET	I	II
Низкий	<7,0	3,44 (2,05-5,77)	4,65 (2,22-9,75)
Ниже среднего	7,0-7,5	1,37 (0,76-2,50)	2,42 (1,09-5,37)
Средний	8,0-10,0	1,46 (0,81-2,63)	1,43 (0,60-3,44)
Выше среднего	10,5-12,5	1,17 (0,63-2,17)	0,76 (0,27-2,11)
Высокий	>12,5	1,0	1,0

Примечание: в скобках указан 95 %-й доверительный интервал;
MET – метаболический эквивалент.

Таблица 31. Оценка физической работоспособности у лиц разного пола и возраста по данным пробы PWC_{AF} . Цитируется по [18] с модификацией: кгм/мин переведены в ватты.

Возраст	Физическая работоспособность в ваттах (женщины)				
	низкая	ниже средней	средняя	выше средней	высокая
20-29	≤ 74	75-91	92-124	125-141	≥ 142
30-39	≤ 66	67-83	84-116	117-132	≥ 133
40-49	≤ 49	50-66	67-99	100-116	≥ 117
50-59	≤ 33	34-49	50-83	84-99	≥ 100

Возраст	Физическая работоспособность в ваттах (мужчины)				
	низкая	ниже средней	средняя	выше средней	высокая
20-29	≤ 116	117-141	142-191	192-216	≥ 217
30-39	≤ 99	100-124	125-174	175-199	≥ 200
40-49	≤ 83	84-107	108-157	158-182	≥ 183
50-59	≤ 66	67-91	92-141	142-166	≥ 167

Таблица 32. Оценка физического здоровья человека на основе величины МПК (мл/мин/кг), рассчитанного косвенным способом по номограмме Астранд-Риминг. Цитируется по [10].

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

Таблица 33. Диапазон поло-возрастных значений МПК, соответствующих разным уровням работоспособности (Цитируется по «Arch Mal Coeur Vaiss 1985;78:1769-78»).

Женщины (МПК в мл/мин/кг)

Возраст, лет	Физическое состояние					
	Очень плохое	Плохое	Удовлетворительное	Хорошее	Отличное	Превосходное
13-19	<25.0	25.0 - 30.9	31.0 - 34.9	35.0 - 38.9	39.0 - 41.9	>41.9
20-29	<23.6	23.6 - 28.9	29.0 - 32.9	33.0 - 36.9	37.0 - 41.0	>41.0
30-39	<22.8	22.8 - 26.9	27.0 - 31.4	31.5 - 35.6	35.7 - 40.0	>40.0
40-49	<21.0	21.0 - 24.4	24.5 - 28.9	29.0 - 32.8	32.9 - 36.9	>36.9
50-59	<20.2	20.2 - 22.7	22.8 - 26.9	27.0 - 31.4	31.5 - 35.7	>35.7
60+	<17.5	17.5 - 20.1	20.2 - 24.4	24.5 - 30.2	30.3 - 31.4	>31.4

Мужчины (МПК в мл/мин/кг)

Возраст, лет	Физическое состояние					
	Очень плохое	Плохое	Удовлетворительное	Хорошее	Отличное	Превосходное
13-19	<35.0	35.0 - 38.3	38.4 - 45.1	45.2 - 50.9	51.0 - 55.9	>55.9
20-29	<33.0	33.0 - 36.4	36.5 - 42.4	42.5 - 46.4	46.5 - 52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5 - 35.4	35.5 - 40.9	41.0 - 44.9	45.0 - 49.4	>49.4
40-49	<30.2	30.2 - 33.5	33.6 - 38.9	39.0 - 43.7	43.8 - 48.0	>48.0
50-59	<26.1	26.1 - 30.9	31.0 - 35.7	35.8 - 40.9	41.0 - 45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5 - 26.0	26.1 - 32.2	32.3 - 36.4	36.5 - 44.2	>44.2

Таблица 34. Оценка физической работоспособности по результатам субмаксимальных велоэргометрий[1] [34].

Пол	Физическая работоспособность	Субмаксимальная мощность нагрузки		
		Вт*	Вт/кг**	MET**
Мужчины	Ниже средней	114 – 130	1,32 - 1,48	5,6 – 6,2
	Средняя	139 –149	1,66 –1,78	6,8 – 7,3
	Выше средней	150 – 168	1,95 – 2,09	7,8 – 8,4
	Высокая	161 – 179	2,27 – 2,49	9,1 – 9,9
Женщины	Низкая	48 – 68	0,65 – 0,87	3,4 – 4,2
	Ниже средней	65 – 75	0,93 – 1,07	4,4 – 5,0
	Средняя	85 – 93	1,24 – 1,38	5,5 – 6,1
	Выше средней	96 – 114	1,45 – 1,71	6,2 – 7,4
	Высокая	105 – 125	1,73 – 2,11	7,4 – 8,8

Примечание: [1] – критерий прекращения теста: достижение субмаксимальной возрастной ЧСС без появления других признаков непереносимости нагрузки; MET – метаболические единицы, * - α =0,05, ** - α =0,01

Таблица 35. Оценка физической работоспособности по результатам максимальных (симптом-ограниченных) велоэргометрий [34].

Пол	Физическая работоспособность	Пороговая мощность нагрузки		
		Вт	Вт/кг	MET
Мужчины	Низкая	81 – 89*	0,95 – 1,07**	4,4 – 4,8**
	Ниже средней	141 – 159*	1,72 – 1,86**	7,1 – 7,3**
	Средняя	168 – 190*	2,18 – 2,42**	8,7 – 9,5**
	Выше средней	193 – 233*	2,72 – 3,06**	10,7 – 11,7**
	Высокая	218 – 260*	3,18 – 3,6**	12,3 – 13,7**
Женщины	Низкая	49 – 57*	0,63 – 0,75**	3,4 – 3,8**
	Ниже средней	86 – 100*	1,21 – 1,37**	5,4 – 6,0**
	Средняя	98 – 112*	1,48 – 1,76*	6,5 – 7,5**

Примечание: MET – метаболические единицы, * - α =0,05, ** - α =0,01

Таблица 36. Реакция систолического артериального давления (АД) и двойного произведения (ДП) у 15-17-летних мальчиков на субмаксимальную[1] непрерывно-возрастающую нагрузку на велоэргометре (187 ВЭМ).

Показатели	Интердецильный размах[2]
АД, мм рт.ст.	150 - 200
ИР, мм рт.ст.	33 - 80
ДП, усл.ед.	255 - 346

Примечание: ВЭМ – велоэргометрия; ИР – инотропный резерв: разница между максимально достигнутым и исходным систолическим АД; [1] – критерий прекращения нагрузки – достижение ЧСС 170 уд/минуту без появления других лимитирующих симптомов; [2] – центральные 80% наблюдений между 10 и 90 процентилями.

Таблица 37. Физическая работоспособность по PWC_{170} у здоровых детей. Цитируется по [11].

Возраст, лет	Физическая работоспособность, кгм/мин	
	Мальчики	Девочки
10	431 ± 76,2	385 ± 79
11	498,9 ± 56,7	438,6 ± 95,6
12	607,2 ± 195,3	482,6 ± 105,5
13	650,9 ± 144,8	516,5 ± 111,7
14	759,9 ± 204,5	574,2 ± 151,8
15	836 ± 214,5	619,5 ± 131,7

Примечание: к низкой толерантности относят мощность нагрузки менее 75% от определенной по таблице.

Таблица 38. Значения PWC_{170} и МПК у детей, занимающихся (С) и не занимающихся (Н/с) спортом. Цитируется по [18].

Обследуемые			Средние значения показателей		
Возраст, лет	Пол	Отношение к спорту	PWC_{170} (Вт)	МПК	
				Мл/мин	Мл/мин/кг
8-9	М	С	108,3 ± 3,2	1492 ± 71	49,0 ± 1,7
		Н/с	109,4 ± 3,5	1535 ± 42	50,4 ± 1,7
	Ж	С	120,0 ± 5,1	1337 ± 81	42,0 ± 3,7
		Н/с	90,0 ± 3,7	1022 ± 30	36,3 ± 1,2
10-11	М	С	119,8 ± 3,8	1714 ± 74	47,9 ± 1,3
		Н/с	102,9 ± 6,7	1657 ± 63	47,6 ± 2,3
	Ж	С	107,1 ± 5,6	1533 ± 36	42,6 ± 1,1
		Н/с	103,3 ± 2,2	1277 ± 35	35,2 ± 1,2
12-13	М	С	155,7 ± 6,8	2221± 77	46,7 ± 1,0
		Н/с	124,0 ± 2,5	1698 ± 52	43,8 ± 1,9
	Ж	С	129,5 ± 5,4	1974 ± 70	44,6 ± 1,3
		Н/с	109,4 ± 7	1509 ± 63	32,7 ± 0,9
14-15	М	С	151,5 ± 10,6	2703 ± 72	46,6 ± 1,4
		Н/с	114,3 ± 11,2	2299 ± 116	44,5 ± 1,7
	Ж	С	111,0 ± 5,6	2221 ± 52	42,6 ± 1,3
		Н/с	100,0 ± 18,5	1722 ± 128	38,1 ± 3,7

Примечание: МПК – максимальное потребление кислорода.

Таблица 39. Физическая работоспособность мальчиков-подростков по результатам субмаксимального[1] велоэргометрического теста (N=187, ИМТ=19.6 кг/м^2)

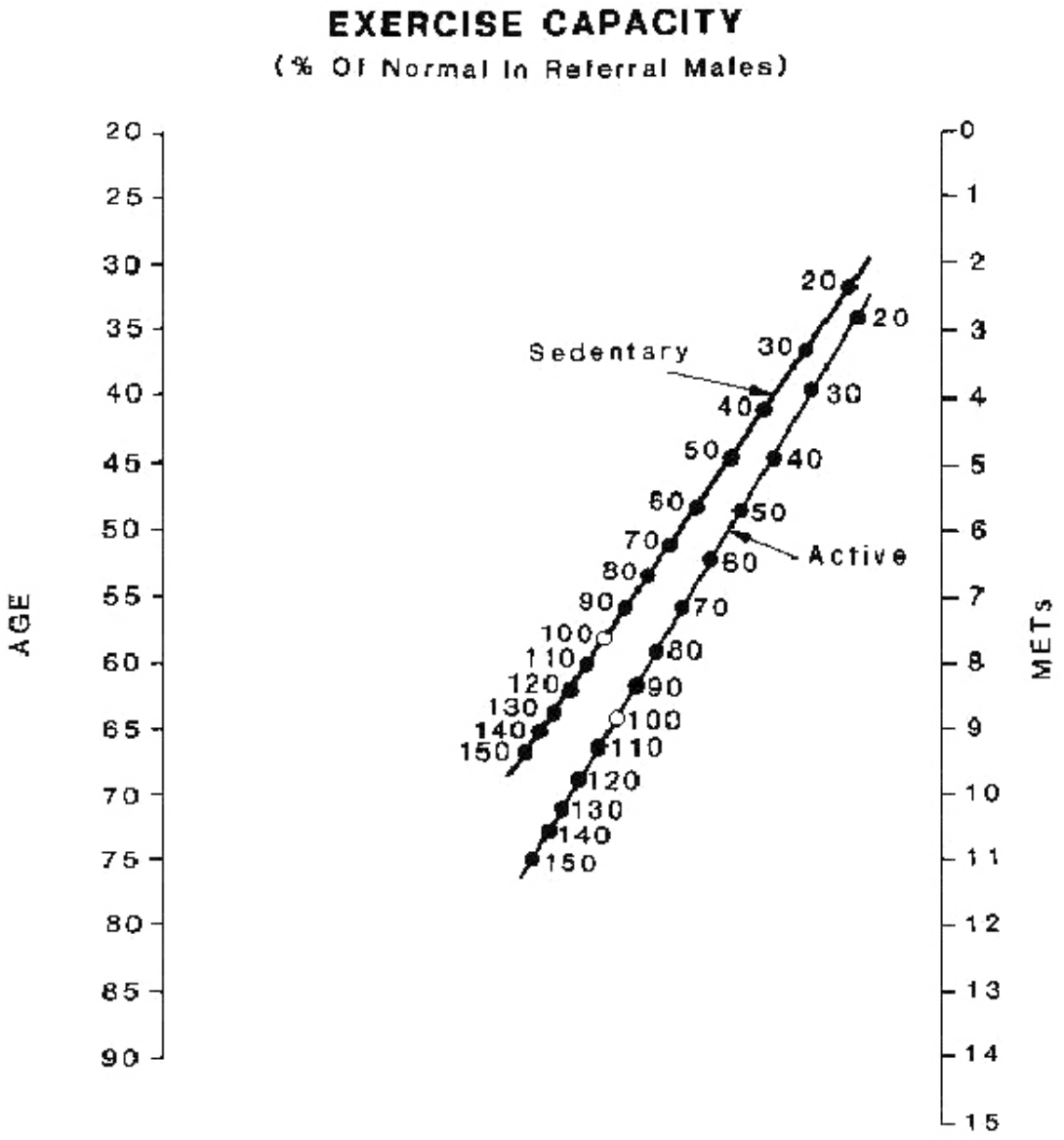
Физическая работоспособность	Показатели					
		Вт	МЕТ	Вт/кг	ИЭ	ДП
Ниже средней	M	108	6,9	1,5	3,1	313
	CI	94 - 122	6,5 - 7,3	1,4-1,6	2,7 - 3,5	299 - 327
Средняя	M	116	8,5	1,8	2,7	294
	CI	108 - 124	8,2 - 8,8	1,7-1,9	2,5 - 2,9	282 -306
Выше средней	M	136	9,8	2,2	2,3	304
	CI	128 - 144	9,4 - 10,2	2,1-2,3	2,2 - 2,4	293 - 315
Высокая	M	150	11,7	2,7	2,1	290
	CI	142 - 158	11,3 - 12,1	2,6-2,8	2,0 - 2,2	277 - 303

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; M– среднее значение показателя; CI – 95%-й доверительный интервал; МЕТ - метаболический эквивалент, рассчитанный по формуле: МЕТ=(90+3,44×Вт)/масса тела в кг; ДП–двойное произведение: произведение максимально достигнутых на пробе систолического АД и ЧСС, делённое на 100; ИЭ-индекс экономичности: ДП/Вт; [1]–критерий прекращения нагрузки – достижение ЧСС 170 уд/минуту без появления других лимитирующих симптомов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

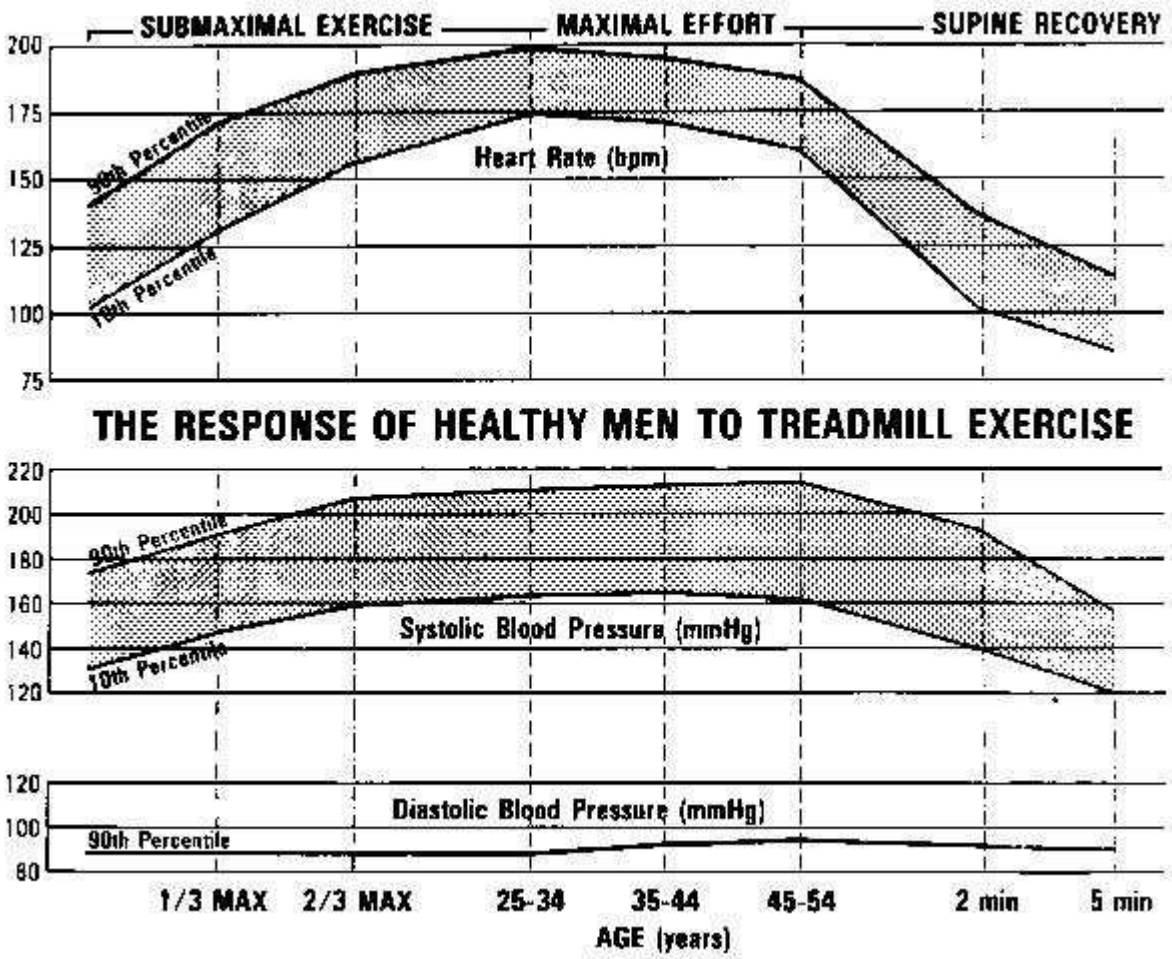
ИЛЛЮСТРАЦИИ

Рисунок 1. Номограмма, основанная на возрасте, достигнутом метаболическом эквиваленте (MET) и исходном уровне тренированности, отражающая уровень работоспособности обследуемых лиц в процентном отношении к уровню работоспособности здоровых лиц мужского пола. Цитируется по [53].



Примечание: Exercise capacity – уровень работоспособности; Sedentary – мужчины, ведущие неактивный образ жизни; Active – мужчины, ведущие активный образ жизни; 100% - норма.

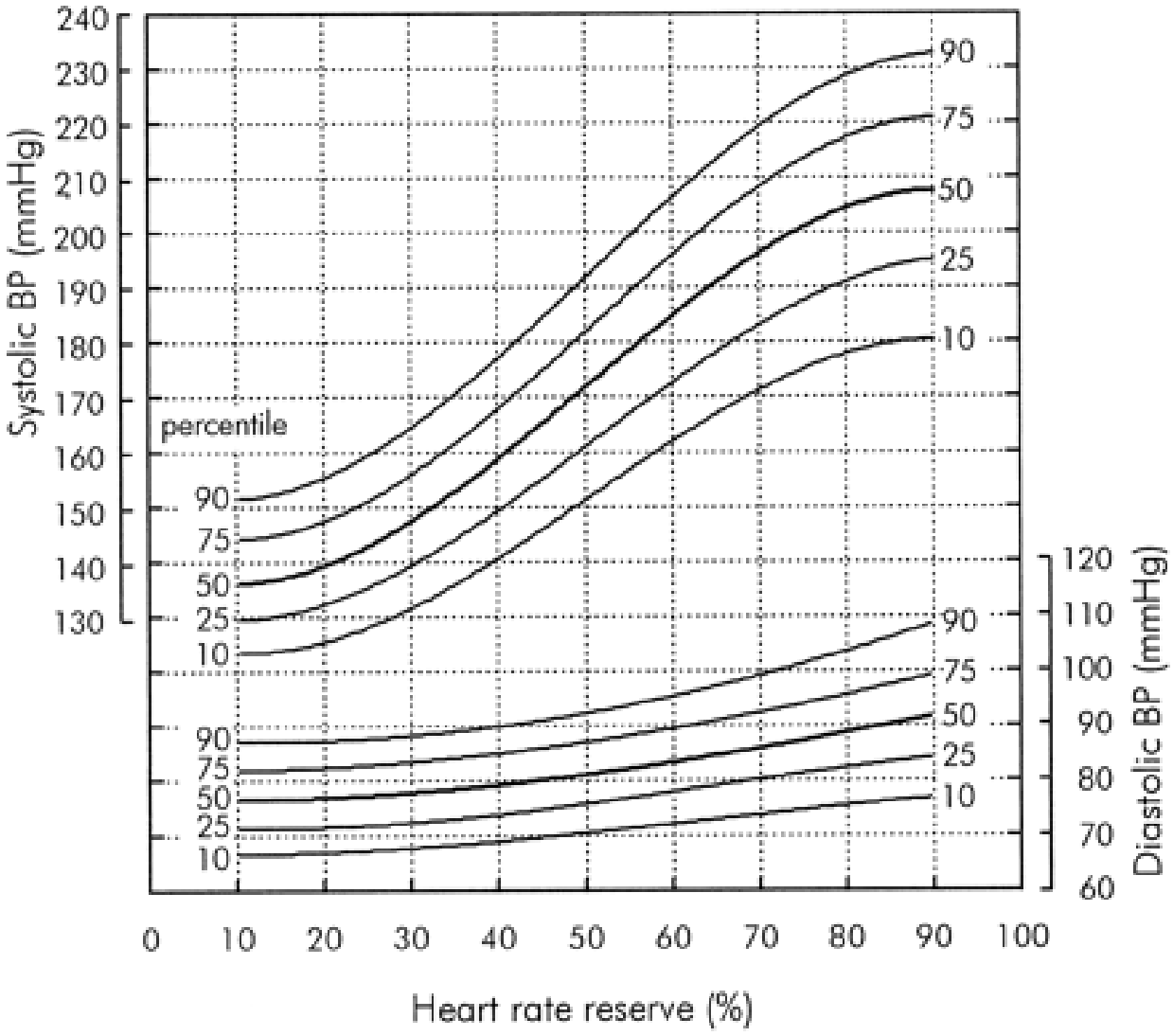
Рисунок 2. Нормальная реакция ЧСС и АД у здоровых мужчин на непрерывно-возрастающую нагрузку на тредмиле. Цитируется по [53].



Примечание: Интердецильный размах (центральные 80% значений между 10 и 90 процентилями) реакции ЧСС при субмаксимальной, максимальной нагрузке и в первые 5 минут восстановительного периода у мужчин 25-34, 35-44, 45-54 лет – в верхней части рисунка, реакция систолического и диастолического АД – в нижней части.

Submaximal exercise – субмаксимальная нагрузка; Maximal effort – максимальная нагрузка; Supine recovery – восстановительный период в положении лежа.

Рисунок 3. Кривые 10-90 процентилей реакции систолического и диастолического АД относительно резерва ЧСС при непрерывно-возрастающей нагрузке на велоэргометре у 20-59-летних исходно нормотензивных мужчин. Цитируется по [78].

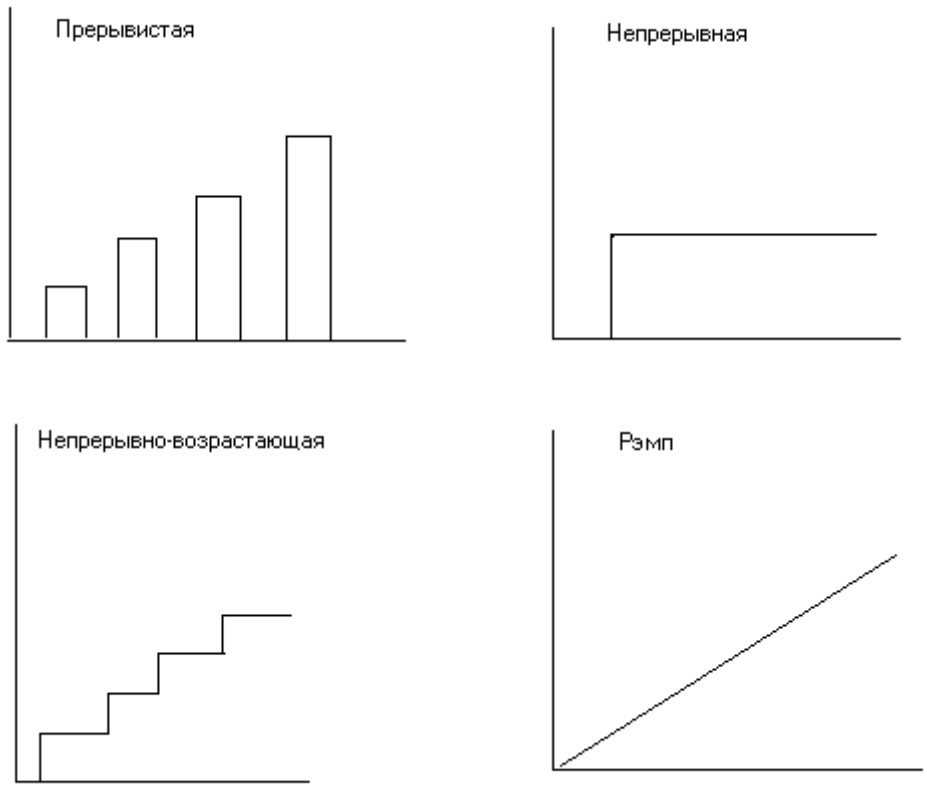


Примечание: Heart rate reserve (%) - Резерв ЧСС (%) = (ЧСС на 50, 75, 100 вт нагрузки – исходная ЧСС в положении сидя) / (расчетная половозрастная максимальная ЧСС – исходная ЧСС в положении сидя) × 100.

Чрезмерным повышением АД считаются значения систолического или диастолического АД, превышающие кривые 75-й процентили (3-4-кратное повышение риска развития артериальной гипертензии в ближайшие 4-7 лет в сравнении с 10-50 процентилями).

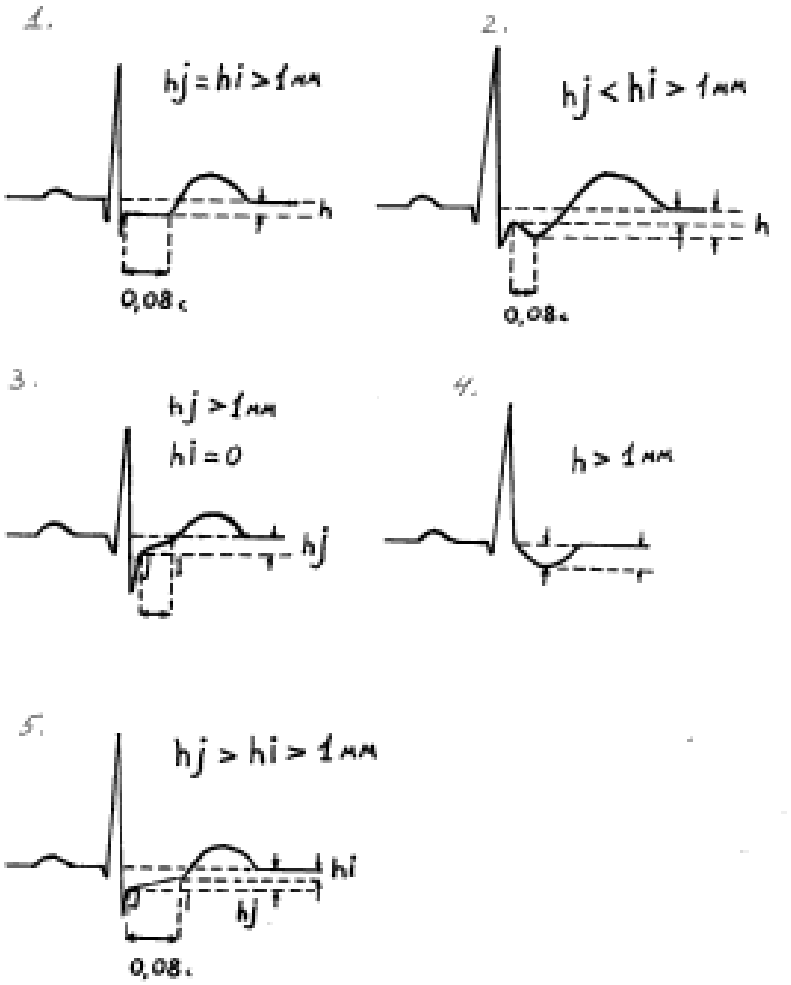
Пример: мужчина 30 лет при нагрузке 100 вт достиг АД 180/90 мм рт.ст. при ЧСС 130 уд/мин. Исходная ЧСС в положении сидя – 66 уд/мин. Резерв ЧСС = (130 – 66) / (220-30-66) × 100 = 52%, что соответствует 185/80 мм рт.ст. кривым 75-х процентилей АД (см. рисунок). Таким образом, повышение АД до 180/90 (диастолическое АД превысило 75-ю процентиль) у данного пациента можно считать прогностически неблагоприятным, а реакцию АД на нагрузку – гипертензивной.

Рисунок 4. Типы используемых протоколов нагрузки.



Примечание: по горизонтали – время, по вертикали – мощность.

Рисунок 5. Способы оценки и виды депрессии сегмента ST.

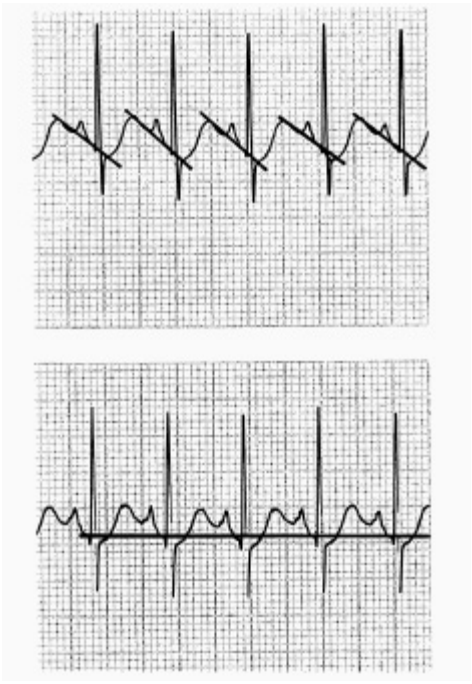


Примечание: 1 - горизонтальная депрессия; 2 – косонисходящая депрессия;

3 – быстрая косовосходящая депрессия; 4 – корытообразная депрессия;

5 – медленная косовосходящая депрессия.

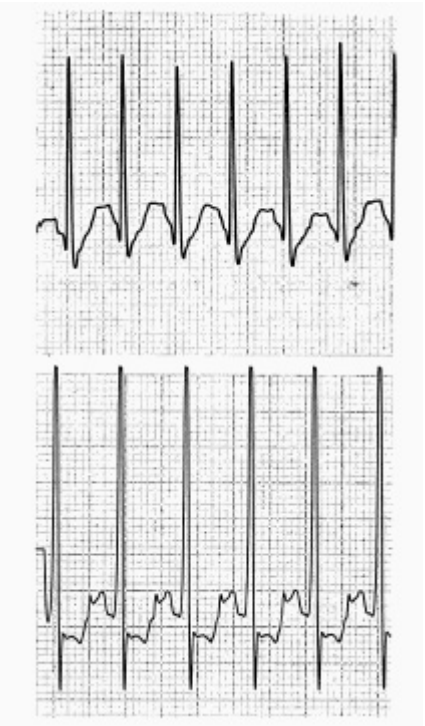
Рисунок 6. Два метода определения изолинии для измерения депрессии сегмента ST.



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.
Цитируется по [94].

Рисунок 7. Физиологическая (вверху) и ишемическая (внизу) депрессия сегмента ST. Цитируется по [94].

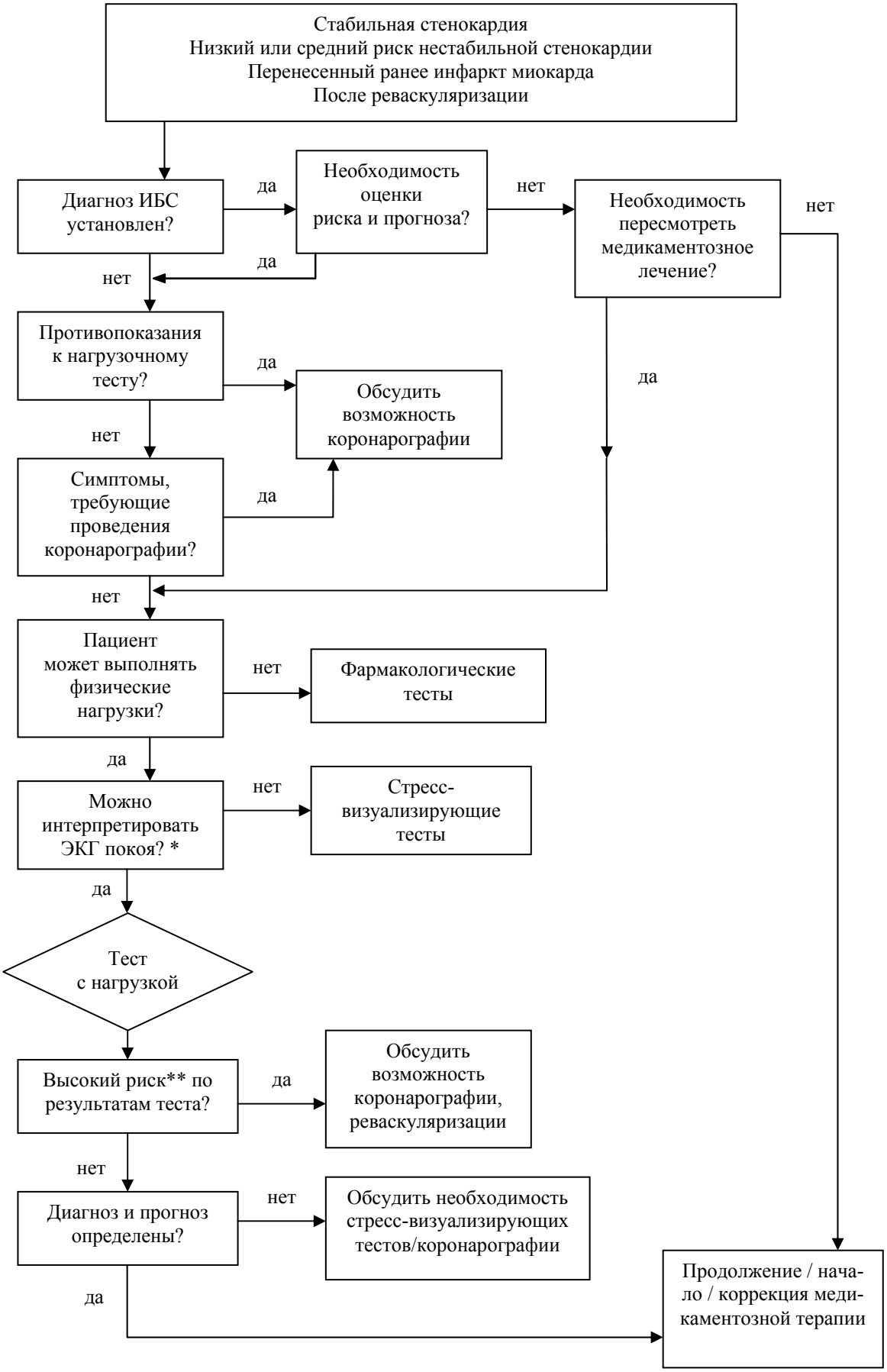


Ишемические изменения характеризуются горизонтальной или косонисходящей депрессией сегмента ST.

Рисунок 8. Определение чувствительности, специфичности и предсказательной ценности метода.

	Заболевание		
	Есть	Нет	
Тест (+)	A	B	Точность положительного предсказания = A / (A+B)
Тест (-)	C	D	Точность отрицательного предсказания = D / (D+C)
Чувствительность = A / (A+C)			
Специфичность = D / (D+B)			
Диагностическая ценность метода = (A+D) / (A+B+C+D)			

Рисунок 9. Место нагрузочного тестирования в тактике ведения пациентов с вероятной / установленной ИБС.



* - ЭКГ можно интерпретировать при отсутствии: блокады левой ножки п.Гиса, синдрома WPW, ритма кардиостимулятора, депрессии ST более 1 мм;
** – индекс Дюка < - 10 (вероятность смерти в течение года более 3%).

Рисунок 10. Нагрузочный тест в определении тактики ведения пациентов с острым инфарктом миокарда (объяснения в тексте).

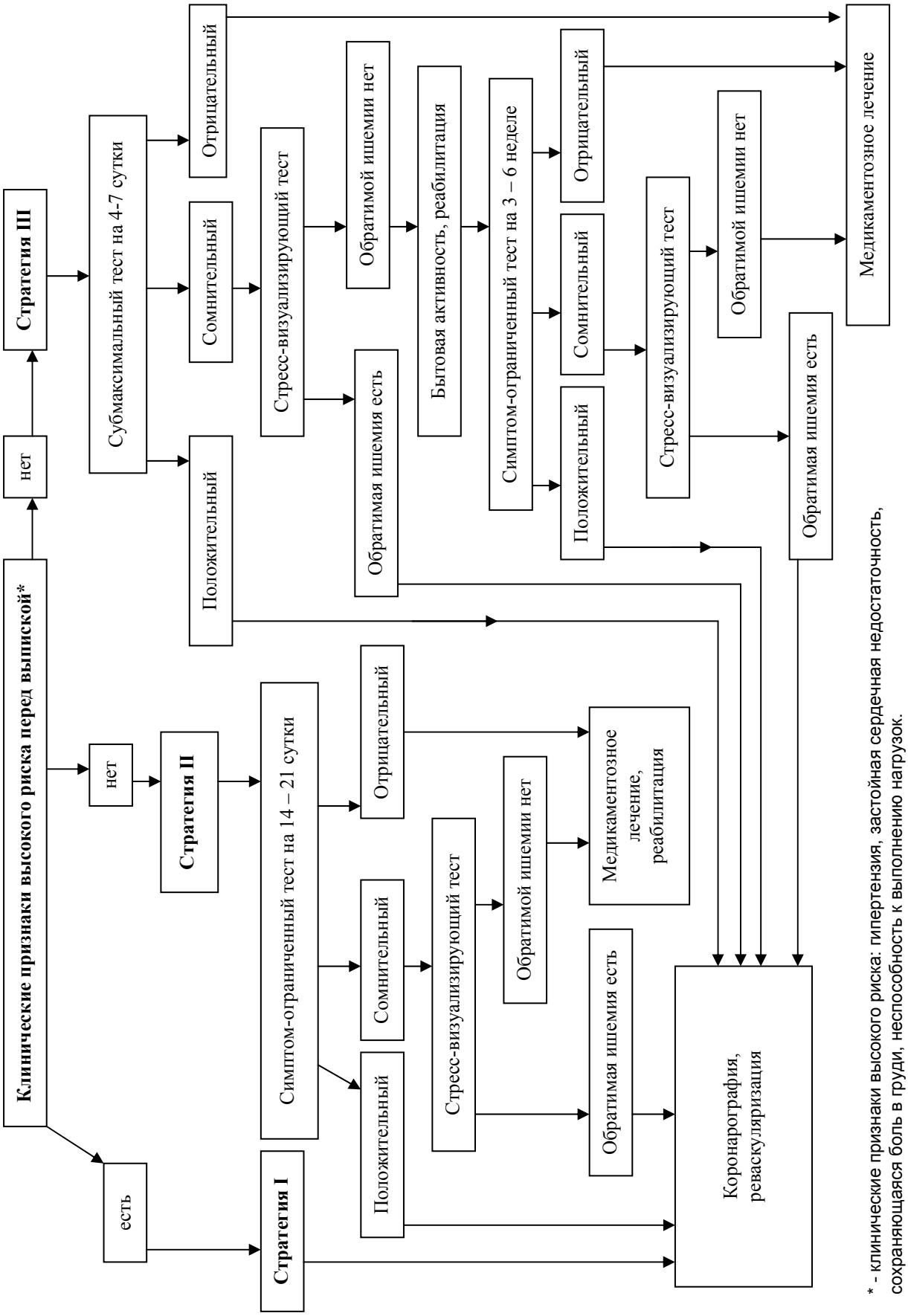
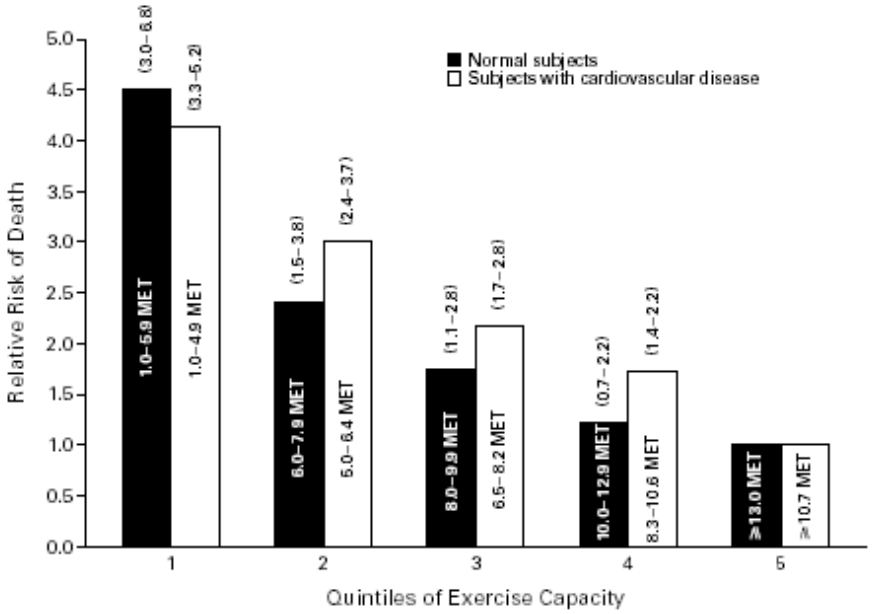
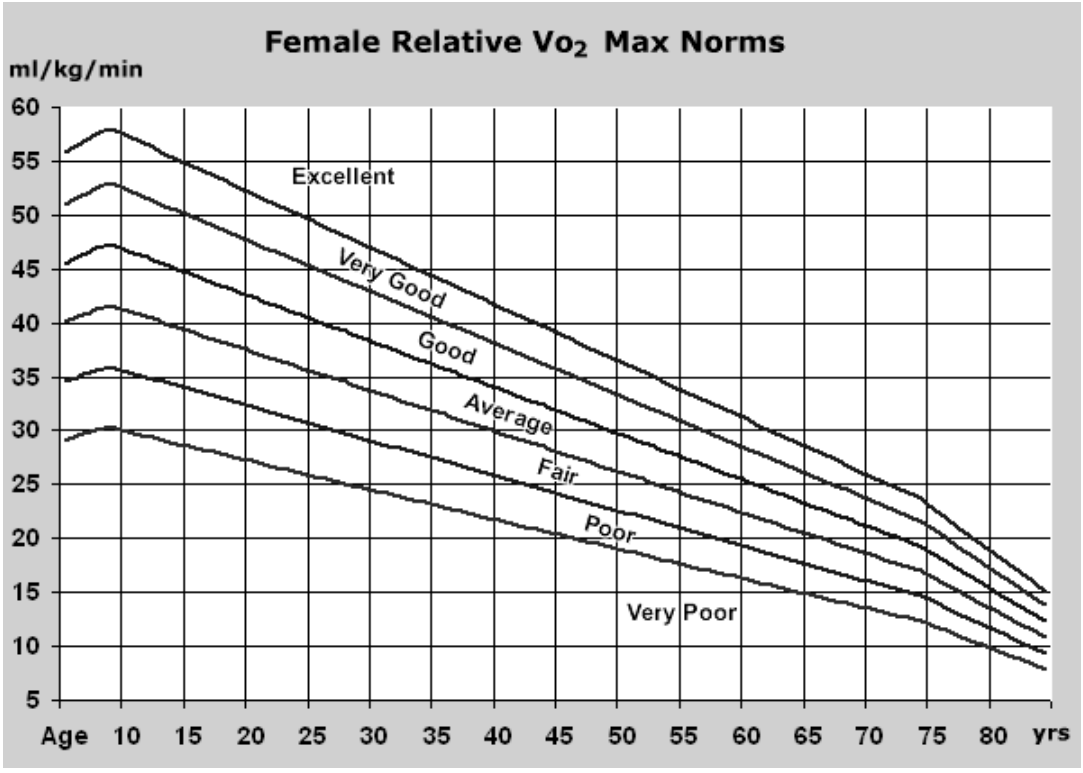


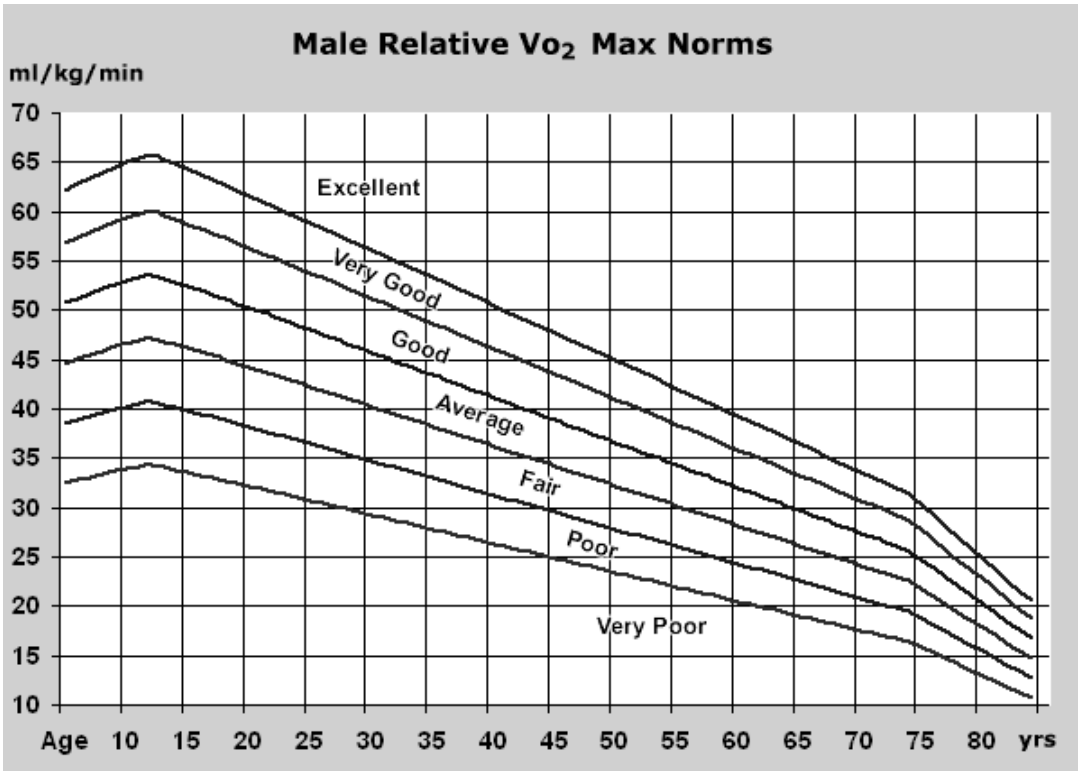
Рисунок 11. Скорректированный по возрасту относительный риск смерти от всех причин, соотнесенный с квинтилями физической работоспособности мужчин, имеющих и не имеющих сердечно-сосудистые заболевания. Цитируется по [81].



Примечание: Подгруппа лиц из наивысшей квинтили (5-я квинтиль) использовалась в качестве группы сравнения. Для каждой квинтили диапазон значений MET указан внутри столбцов. Выше столбцов указаны значения 95%-го доверительного интервала для относительного риска смерти. Черные столбцы – лица без болезней сердца, белые столбцы – лица с болезнями сердца.

Рисунок 12. Оценка физического состояния (Aerobic Fitness Norms) по уровню МПК (мл/мин/кг) для женщин (вверху) и мужчин (внизу). Цитируется по [87].





Примечание: по горизонтали – возраст, по вертикали – МПК в мл/мин/кг; excellent – превосходное, very good – очень хорошее, good – хорошее, average –среднее, fair –посредственное, poor – плохое, very poor – очень плохое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосов, Н.М. Физическая активность и сердце / Н.М. Амосов, Я.А. Бендет. – Киев, 1989. – 216 с.
2. Апанасенко, Г.Л. Соматическое здоровье и максимальная аэробная способность индивида / Г.Л. Апанасенко, Р.Г. Науменко // Теория и практика физ. культуры. – 1988. – № 4. – С. 29-31.
3. Апанасенко, Г.Л. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека / Г.Л. Апанасенко. – СПб., 1992. – 123 с.
4. Аронов, Д.М. Коронарная недостаточность у молодых. – М., 1974. – 168 с.
5. Аронов, Д.М. Применение электрокардиографической пробы с физической нагрузкой: методические рекомендации (для кардиологических отделений больниц и санаториев) / Д.М. Аронов, А.П. Юренев, И.К. Шхвацабая. – М., 1979. – 18 с.
6. Аронов, Д.М. Функциональные пробы в кардиологии. Часть 1 // Кардиология. – 1995. – № 3. – С. 74-82.
7. Аронов, Д.М. Электрокардиографический контроль при проведении функциональных проб. Лекция 2 / Д.М. Аронов, В.П. Лупанов, Т.Г. Михеева // Кардиология. – 1995. – № 8. – С. 79-86.
8. Аронов, Д.М. Функциональные пробы в кардиологии. Лекции 3 и 4 / Д.М. Аронов, В.П. Лупанов, Т.Г. Михеева // Кардиология. – 1995. – № 12. – С. 83-93.
9. Аронов, Д.М. Функциональные пробы в кардиологии / Д.М. Аронов, В.П. Лупанов. – 2-е изд. – М., 2003. – 296 с.
10. Аулик, И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1990. – 192 с.
11. Белоконь, Н.А. Болезни сердца и сосудов у детей : руководство для врачей : в 2 т. / Н.А. Белоконь, М.Б. Кубергер. – М., 1987. – Т. 1. – С. 118-132.
12. Бобоходжаев, М.К. Применение инструментальных неинвазивных методов исследования в кардиологии / М.К. Бобоходжаев, Б.М. Коган, Л.Е. Кузьмишин. – Душанбе, 1983. – 344 с.
13. Власов, В.В. Стандартизация оценки физической работоспособности при велоэргометрии // Кардиология. – 1995. – № 11. – С. 55.
14. 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.
15. Гасилин, В.С. Стенокардия / В.С. Гасилин, Б.А. Сидоренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1987. – 240 с.
16. Заболевания сердца и реабилитация : пер. с англ. / под общ. ред. М.Л. Поллока, Д.Х. Шмидта. – Киев, 2000. – 408 с.
17. Кардиология в таблицах и схемах : пер. с англ. / под ред. М. Фрида, С. Грайнс. – М.: Практика, 1996. – 736 с.
18. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М., 1988. – 208 с.
19. Карпов, Р.С. Атеросклероз: патогенез, клиника, функциональная диагностика, лечение / Р.С. Карпов, В.А. Дудко. – Томск, 1998. – 656 с.
20. 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.
21. Липовецкий, Б.М. Функциональная оценка коронарного кровотока у человека / Б.М. Липовецкий. – Л., 1985. – 164 с.
22. Липовецкий, Б.М. Толерантность к физической нагрузке как метод выявления ишемической болезни сердца // Эпидемиология и факторы риска ишемической болезни сердца / Б.М. Липовецкий, С.А. Шальнова; под ред. А.Н.Климова. – Л., 1989. – Гл. 7.
23. Николаева, Л.Ф. Реабилитация больных ишемической болезнью сердца / Л.Ф. Николаева, Д.М. Аронов. – М., 1988. – 288 с.
24. Маколкин, В.И. Нейро-циркуляторная дистония в терапевтической практике / В.И. Маколкин, С.А. Аббакумов. – М., 1985. – 192 с.
25. Метелица, В.И. Препараты нитратов в кардиологии / В.И. Метелица, А.Б. Давыдов. – М.: Медицина, 1989. – 256 с.
26. Михайлов, В.М. Значение оценки вариабельности сердечного ритма и эргометрических показателей при проведении велоэргометрической пробы, дозируемой по величине должного основного обмена у лиц молодого возраста / В.М. Михайлов // Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий : тез. докл. – М., 1999. – С. 95.

27. Михайлов, В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест, степ-тест, ходьба / В.М. Михайлов. – Иваново: А-Гриф, 2005. – 440 с.
28. Орлов, В.Н. Руководство по электрокардиографии / В.Н. Орлов. – М., 1983. – 528 с.
29. 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.
30. Рогоза, А.Н. Современные одноразовые электроды для регистрации ЭКГ / А.Н. Рогоза, Н.И. Чаус // Функциональная диагностика. – 2005. – № 1. – С. 47-57.
31. Сетракян, С.А. Интерпретация максимальных тестов с нагрузкой в кардиологической клинике / С.А. Сетракян, В.Л. Воловой // Кардиология. – 1988. – № 3. – С. 116-119.
32. Стенокардия : пер. с англ. / под ред. Д. Джулиана. – М., 1980. – 366 с.
33. 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.
34. Тавровская, Т.В. Оптимизация оценки физической работоспособности здоровых и больных сердечно-сосудистыми заболеваниями по данным велоэргометрии : дис. канд. мед. наук. – Барнаул: АГМУ, 2005. – 157 с.
35. Шхвацабая, И.К. Реабилитация больных ишемической болезнью сердца / И.К. Шхвацабая, Д.М. Аронов, В.П. Зайцев. – М.: Медицина, 1978. – 320 с.
36. Яковлев, Г.М. Современные методы исследования функционального состояния кровообращения / Г.М. Яковлев. – Л.: ВМА им. Кирова, 1979.
37. Alpert, B.S. Responses to ergometer exercise in a healthy biracial population of children / B.S. Alpert, N.L. Flood, W.B. Strong et al. // J. Pediatr. – 1982. – Vol. 101. – P. 538-545.
38. Alpert, B.S. Blood pressure response to dynamic exercise / B.S. Alpert, M.E. Fox // Pediatric Laboratory Exercise Testing: Clinical Guidelines / ed. T.W. Rowland. – Champaign, Ill: Human Kinetics Publishers. – 1993. – P. 67-90.
39. Antman, E.M. ACC/AHA guidelines for the management of patients with ST-elevation myocardial infarction: executive summary: a report of the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the 1999 Guidelines on the Management of Patients With Acute Myocardial Infarction) / E.M. Antman, D.T. Anbe, P.W. Armstrong // Circulation. – 2004. – Vol. 110.
40. Ashley, I.A. Advances in Exercise Testing / I.A. Ashley, J. Myers, V. Raxwal, V. Froelicher // Internatoinal Journal of Bioelectromagnetism. – 2000. – Vol. 2, N 1.
41. Astrand, I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age / I. Astrand // Acta Physiol. Scand. – 1960. – Vol. 49, Suppl. 169. – P. 1-92.
42. Beller, G.A. ACCF 2006 Update for Training in Adult Cardiovascular Medicine (Focused Update of the 2002 COCATS 2 Training Statement): a report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training / G.A. Beller, R.O. Bonow, V. Fuster // J. Am. Coll. Cardiol. – 2006. – Vol. 47. – P. 893–920.
43. Blair, S.N. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women / S.N. Blair, H.W. Kohl 3rd, R.S. Paffenbarger Jr. et al. // JAMA. – 1989. – Vol. 262, N 17. – P. 2395-2401.
44. Blair, S.N. Influences of Cardiorespiratory Fitness and Other Precursors on Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality in Men and Women / S.N. Blair, J.B. Kampert, H.W. Kohl III et al. // JAMA. – 1996. – Vol. 276, N.3. – P. 205-210.
45. 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.
46. Braunwald`s heart disease: a textbook of cardiovascular medicine / edited by D.P. Zipes et al. – 7-th ed. – Philadelphia, 2005.
47. Cole, C.R. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality / C.R. Cole, E.H. Blackstone, F.J. Pashkow et al. // N. Engl. J. Med. – 1999. – Vol. 341. – P. 1351-1357.
48. Daida, H. Peak exercise blood pressure stratified by age and gender in apparently healthy subjects / H. Daida, T.G. Allison, R.W. Squires et al. // Mayo Clin. Proc. – 1996. – Vol. 71, N 5. – P. 445-452.

49. Day, J.R. The maximally attainable VO_2 during exercise in humans: the peak vs. maximum issue / J.R. Day, H.B. Rossiter, E.M. Coats et al. // J. Appl. Physiol. – 2003. – N 95. – P. 1901-1907.
50. 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.
51. Eagle, K.A. ACC/AHA guidelines for coronary artery bypass graft surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the 1991 Guidelines for Coronary Artery Bypass Graft Surgery). American College of Cardiology/American Heart Association / K.A. Eagle, R.A. Guyton, R. Davidoff et al. // J. Am. Coll. Cardiol. – 1999. – N 34. – P. 1262-1347.
52. Erikssen, G. Exercise testing of healthy men in a new perspective: from diagnosis to prognosis / G. Erikssen, J. Bodegard, J.V. Bjørnholt et al. // European Heart Journal. – 2004. – Vol. 25. – P. 978–986.
53. 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.
54. Gibbons, R.J. ACC/AHA guidelines for exercise testing: executive summary. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing) / R.J. Gibbons, G.J. Balady, J.W. Beasley et al. // Circulation. – 1997. – Vol. 96. – P. 345-354.
55. Gibbons, R.J. ACC/AHA/ACP-ASIM guidelines 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 on Management of Patients With Chronic Stable Angina) / R.J. Gibbons, K. Chatterjee, J. Daley et al. // J. Am. Coll. Cardiol. – 1999. – N 33. – P. 2092-2197.
56. 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.
57. 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 Excercise Testing Guidelines) / R.J. Gibbons et al. // Circulation. – 2002. – Vol. 106. – P. 1883-1892.
58. Godfrey, S. Exercise Testing in Children: Applications in Health and Disease / S. Godfrey. – Philadelphia, Pa: WB Saunders Co, 1974.
59. Goraya, T.Y. Prognostic value of treadmill exercise testing in elderly persons / T.Y. Goraya, S.J. Jacobsen, P.A. Pellikka et al. // Ann. Intern. Med. – 2000. – Vol. 132. – P. 862-870.
60. 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.
61. 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.
62. James, F.W. Responses of normal children and young adults to controlled bicycle exercise / F.W. James, S. Kaplan, C.J. Glueck et al. // Circulation. – 1980. – Vol. 61. – P. 902-912.
63. Jouven, X. Long-term outcome in asimptomatic men with exercise-induced premature ventricular depolarizations / X. Jouven, M. Zureik, M. Desnos et al. // N. Engl. J. Med. – 2000. – N 343. – P. 826-833.
64. Jouven, X. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death / X. Jouven, J.-P. Empana, P.J. Schwartz et al. // N. Engl. J. Med. – 2005. – N. 352. – P. 1951-1958.
65. Kingwell, B.A. Arterial comliance increases after moderate-intensity cycling / B.A. Kingwell, K.L. Berry, J.D. Cameron et al. // Am. J. Physiol. – 1997. – N 273 – P. H2186 – H2191.
66. Koike, A. Evaluation of exercise capacity using submaximal exercise at a constant work rate in patients with cardiovascular disease / A. Koike, T. Yajima, H. Adachi et al. // Circulation. – 1995. – Vol. 91. – P. 1719-1724.
67. Kurl, S. Systolic Blood Pressure Response to Exercise Stress Test and Risk of Stroke / S. Kurl, J.A. Laukkanen, R. Rauramaa et al. // Stroke. – 2001. – Vol. 32. – P. 2036-2041.
68. Kwok, Y. Meta-analysis of exercise testing to detect coronary artery disease in women / Y. Kwok, C. Kim, D. Grady et al. // Am. J. Cardiol. – 1999. – Vol. 83. – P. 660-666.

69. Larsson, H. Should the exercise test (ET) be performed at discharge or one month later after an episode of unstable angina or non-Q-wave myocardial infarction? / H. Larsson, M. Areskog, N.H. Areskog et al. // Int. J. Card. Imaging. – 1991. – Vol. 7. – P. 7-14.
70. Lauer, M.S. Impaired heart rate response to graded exercise: prognostic implications of chronotropic incompetence in the Framingham Heart Study / M.S. Lauer, P.M. Okin, M.G. Larson et al. // Circulation. – 1996. – Vol. 93. – P. 1520-1526.
71. Lauer, M.S. Impaired chronotropic response to exercise stress testing as a predictor of mortality / M.S. Lauer, G.S. Francis, P.M. Okin et al. // JAMA. – 1999. – Vol. 281. – P. 524-529.
72. Leibetseder, V.J. A simple running test to estimate cardiorespiratory fitness / V.J. Leibetseder, C. Ekmekcioglu, P. Haber // Journal of Exercise Physiology. – 2002. – Vol. 5, N 3. – P. 6-13.
73. Mark, D.B. Exercise treadmill score for predicting prognosis in coronary artery disease / D.B. Mark, M.A. Hlatky, F.E. Jr. Harrell et al. // Ann. Intern. Med. – 1987. – Vol. 106, N 6. – P. 793-800.
74. Mark, D.B. Prognostic value of a treadmill exercise score in outpatients with suspected coronary artery disease / D.B. Mark, L. Shaw, F.E. Jr. Harrell et al. // N. Engl. J. Med. – 1991. – Vol. 325, N 12. – P. 849-853.
75. Martin, L. Methods of Assessing Exercise Capacity // Rehabilitation of the Patient with Respiratory Disease. McGraw Hill / editors N.S. Cherniack, M.D. Altose, I. Homma. – New York, 1999. – Chapter 18.
76. McHam, S.A. Delayed systolic blood pressure recovery after graded exercise: an independent correlate of angiographic coronary disease / S.A. McHam, T.H. Marwick, F.J. Pashkow, M.S. Lauer // J. Am. Coll. Cardiol. – 1999. – Vol. 34. – P. 754-759.
77. Miyai, N. Blood Pressure Response to Heart Rate During Exercise Test and Risk of Future Hypertension / N. Miyai, M. Arita, K. Miyashita et al. // Hypertension. – 2002. – Vol. 39. – P. 761-766.
78. 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.
79. Myers, J. Optimizing the exercise test for pharmacological investigations / J. Myers, V.F. Froelicher // Circulation. – 1990. – Vol. 82, N 5. – P. 1839-1846.
80. Myers, J. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols / J. Myers, N. Buchanan, D. Walsh et al. // J. Am. Coll. Cardiol. – 1991. – Vol. 17, N 6. – P. 1334-1342.
81. Myers, J. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing / J. Myers, M. Prakash, V. Froelicher et al. // N. Engl. J. Med. – 2002. – Vol. 346, N 11. – P. 793-801.
82. Nyman, I. The predictive value of silent ischemia at an exercise test before discharge after an episode of unstable coronary artery disease / I. Nyman, H. Larsson, M. Areskog et al. // Am. Heart J. – 1992. – Vol. 123. – P. 324-331.
83. 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.
84. Proctor, D.N. Influence of age and gender on cardiac output–VO_2 relationships during submaximal cycle ergometry / D.N. Proctor, K.C. Beck, P.H. Shen et al. // J. Appl. Physiol. – 1998. – Vol. 84, N 2. – P. 599-605.
85. Ryan, T.J. ACC/AHA guidelines for the management of patients with acute myocardial infarction: executive summary and recommendations: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Management of Acute Myocardial Infarction) / T.J. Ryan, E.M. Antman, N.H. Brooks et al. // Circulation. – 1999. – N 100. – P. 1016-1030.
86. Schlant, R.C. Guidelines for exercise testing. A report of the Joint American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Assessment of Cardiovascular Procedures (Subcommittee on Exercise Testing): Special report / R.C. Schlant, C.G. Blomqvist, R.O. Brandenburg et al. // Circulation. – 1986. – N 74. – P. 653A-667A.
87. Shvartz, E. Aerobic Fitness Norms For Males And Females Aged 6-75: A review / E. Shvartz, R.C. Reibold // Aviation, Space and Environmental Medicine. – 1990. – Vol. 61. – P. 3-11.
88. Smith, S.C. Jr. ACC/AHA guidelines of percutaneous coronary interventions (revision of the 1993 PTCA guidelines): executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (committee to revise the 1993 guidelines for percutaneous transluminal coronary angioplasty) / S.C. Jr. Smith, J.T. Dove, A.K. Jacobs et al. // J. Am. Coll. Cardiol. – 2001. – N 37. – P. 2215-2239.

89. Stein, R.A. Safety and utility of exercise testing in emergency room chest pain centers: an advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. / R.A. Stein, B.R. Chaitman, G.J. Balady et al. // Circulation. – 2000. – N 102. – P. 1463-1467.
90. Swain, D. Target HR for the development of CV fitness / Swain et al. // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 1994. – Vol. 26, N 1. – P. 112-116.
91. The Criteria Committee of the New York Heart Association. Nomenclature and Criteria for Diagnosis of Diseases of the Heart and Great Vessels. – 9th ed. – Boston, 1994. – P. 253-256.
92. United States Preventive Services Task Force: Screening for Coronary Heart Disease: Recommendation Statement: United States Preventive Services Task Force // The Internet Journal of Cardiology. – 2004. – Vol. 2, N 2.
93. Washington, R.L. Normal aerobic and anaerobic exercise data for North American school-age children / R.L. Washington, J.C. Van Gundy, C. Cohen et al. // J. Pediatr. – 1988. – N 112. – P. 223-233.
94. 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.

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Клинические эквиваленты МЕТ. Цитируется по [53].....90

Таблица 2. Нормальные значения максимального потребления кислорода в зависимости от возраста и пола. Цитируется по [53].....90

Таблица 3. Показатели (максимальное потребление кислорода и потребление кислорода миокардом) и методы их измерения. Цитируется по [53].....91

Таблица 4. Динамика артериального давления и ЧСС при субмаксимальной непрерывно-возрастающей нагрузке на велоэргометре у нормотензивных мужчин разного возраста. Цитируется по [78].....91

Таблица 5. Зависимость систолического АД (мм рт.ст.) от ЧСС (уд/мин) во время мышечной работы у лиц разного пола и возраста (при исходных нормальных значениях ЧСС покоя). Цитируется по [18].....92

Таблица 6. Зависимость систолического АД (мм рт.ст.) от мощности нагрузки (кгм) у лиц разного пола и возраста (с нормальными его величинами в условиях покоя). Цитируется по [18].....92

Таблица 7. Реакция систолического артериального давления (АД), двойного произведения (ДП) и ЧСС у условно здоровых лиц на непрерывно-возрастающую нагрузку на велоэргометре.....93

Таблица 8. Энергетические затраты в МЕТ при ножной велоэргометрии. Цитируется по [84].....93

Таблица 9. Шкала субъективной оценки выполненной нагрузки – Шкала Борга. Цитируется по [53].....94

Таблица 10. Уровень МЕТ при разных уровнях нагрузки при ручной велоэргометрии у мужчин в зависимости от массы тела. Цитируется по [84].....95

Таблица 11. Уровень МЕТ при разных уровнях нагрузки при ручной велоэргометрии у женщин в зависимости от массы тела. Цитируется по [84].....96

Таблица 12. Мощность 2-й ступени нагрузки при проведении теста PWC_{170} у лиц с недостаточностью питания, исполняющих воинскую обязанность. Цитируется по [27].....97

Таблица 13. Оценка физической работоспособности по тесту PWC_{170} (кгм/мин) у граждан с недостаточностью питания, исполняющих воинскую обязанность. Цитируется по [27].....97

Таблица 14. Определение максимального потребления кислорода (л/мин) по частоте сердечных сокращений при субмаксимальной нагрузке на велоэргометре у мужчин и женщин. Цитируется по [1].....98

Таблица 15. Возрастные поправочные коэффициенты к величинам МПК по номограмме Астранд. Цитируется по [1].....99

Таблица 16. Частота сердечных сокращений при разных уровнях потребления кислорода (Andersen K. и соавт., 1971). Цитируется по [9].....100

Таблица 17. ЧСС на уровне 85% от максимальной возрастной нормы. Цитируется по [27].....100

Таблица 18. Субмаксимальный уровень ЧСС при нагрузках на велоэргометре (85% от максимальной ЧСС для женщин и нетренированных мужчин и 90% – для тренированных мужчин). Цитируется по [21].....100

Таблица 19. Характеристика пациентов и мощности нагрузки в группах максимальных и субмаксимальных велоэргометрий (ВЭМ) [34].....101

Таблица 20. Значения ЧСС, достигнутой предположительно здоровыми лицами при максимальном утомлении на велоэргометре (мужчины – 156 ВЭМ, женщины – 48 ВЭМ).....102

Таблица 21. Предтестовая вероятность ИБС (на основании данных о возрасте, поле, клинических симптомах). Цит.по [57]. 102

Таблица 22. Предтестовая вероятность ИБС. 103

Таблица 23. Диагностическая ценность ЭКГ-критериев ишемии миокарда (M ± m, %) 104

Таблица 24. Оценка ближайшего риска развития внезапной смерти или нефатального инфаркта миокарда у пациентов с нестабильной стенокардией. Цитируется по [45, 56, 57]. 105

Таблица 25. Факторы, влияющие на прогноз у пациентов с ИБС. 106

Таблица 26. Характеристика функциональных классов больных ишемической болезнью сердца по результатам пробы с физической нагрузкой*. Цитируется по [23]. 107

Таблица 27. Средние значения (M) и доверительные интервалы (CI) показателей велоэргометрии у женщин и мужчин с ИБС и АГ разных ФК по NYHA. Цитируется по [34]. 108

Таблица 28. Тредмил-индекс Дюка и оценка риска и выживаемости. Цитируется по [56]. 109

Таблица 29. Классификация пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН), основанная на пике потребления кислорода и анаэробном пороге. Цитируется по [57]. 109

Таблица 30. Относительный риск смерти (количество случаев на 10 тыс. человек в год) у мужчин (I) и женщин (II) от заболеваний в зависимости от уровня физической (аэробной) способности. Цитируется по [3] 109

Таблица 31. Оценка физической работоспособности у лиц разного пола и возраста по данным пробы PWC_{AF} . Цитируется по [18] с модификацией: кгм/мин переведены в ватты. 110

Таблица 32. Оценка физического здоровья человека на основе величины МПК (мл/мин/кг), рассчитанного косвенным способом по номограмме Астранд-Риминг. Цитируется по [10]. 111

Таблица 33. Диапазон поло-возрастных значений МПК, соответствующих разным уровням работоспособности (Цитируется по «Arch Mal Coeur Vaiss 1985;78:1769-78»). 111

Таблица 34. Оценка физической работоспособности по результатам субмаксимальных велоэргометрий[1] [34]. 112

Таблица 35. Оценка физической работоспособности по результатам максимальных (симптом-ограниченных) велоэргометрий [34]. 112

Таблица 36. Реакция систолического артериального давления (АД) и двойного произведения (ДП) у 15-17-летних мальчиков на субмаксимальную[1] непрерывно-возрастающую нагрузку на велоэргометре (187 ВЭМ). 113

Таблица 37. Физическая работоспособность по PWC_{170} у здоровых детей. Цитируется по [11]. 113

Таблица 38. Значения PWC_{170} и МПК у детей, занимающихся (С) и не занимающихся (Н/с) спортом. Цитируется по [18]. 114

Таблица 39. Физическая работоспособность мальчиков-подростков по результатам субмаксимального[1] велоэргометрического теста (N=187, ИМТ=19.6 кг/м^2) 115

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

Рисунок 1. Номограмма, основанная на возрасте, достигнутом метаболическом эквиваленте (MET) и исходном уровне тренированности, отражающая уровень работоспособности обследуемых лиц в процентном отношении к уровню работоспособности здоровых лиц мужского пола. Цитируется по [53]. 116

Рисунок 2. Нормальная реакция ЧСС и АД у здоровых мужчин на непрерывно-возрастающую нагрузку на тредмиле. Цитируется по [53]. 117

Рисунок 3. Кривые 10-90 процентилей реакции систолического и диастолического АД относительно резерва ЧСС при непрерывно-возрастающей нагрузке на велоэргометре у 20-59-летних исходно нормотензивных мужчин. Цитируется по [78]. 118

Рисунок 4. Типы используемых протоколов нагрузки. 119

Рисунок 5. Способы оценки и виды депрессии сегмента ST. 120

Рисунок 6. Два метода определения изолинии для измерения депрессии сегмента ST. 121

Рисунок 7. Физиологическая (вверху) и ишемическая (внизу) депрессия сегмента ST. Цитируется по [94]. 121

Рисунок 8. Определение чувствительности, специфичности и предсказательной ценности метода. 122

Рисунок 9. Место нагрузочного тестирования в тактике ведения пациентов с вероятной / установленной ИБС. 123

Рисунок 10. Нагрузочный тест в определении тактики ведения пациентов с острым инфарктом миокарда (объяснения в тексте). 124

Рисунок 11. Скорректированный по возрасту относительный риск смерти от всех причин, соотнесенный с квинтилями физической работоспособности мужчин, имеющих и не имеющих сердечно-сосудистые заболевания. Цитируется по [81]. 125

Рисунок 12. Оценка физического состояния (Aerobic Fitness Norms) по уровню МПК (мл/мин/кг) для женщин (вверху) и мужчин (внизу). Цитируется по [87]. 126