

ВНЕЛАБОРАТОРНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ТЕСТЫ ПРИ ПАТОЛОГИИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

С.Ю. Чикина

ФГУ НИИ пульмонологии ФМБА России, г.Москва

Чикина Светлана Юрьевна, канд. мед. наук,
105077, г. Москва, ул. Парковая 11-я, д. 32/б1,
тел. 8 (495) 465-83-93,
e-mail: pulmoinstitut@mtu-net.ru

Рассмотрены различные тесты, позволяющие оценить переносимость физической нагрузки, риск послеоперационных осложнений, индуцированную нагрузку гипоксемии при различных заболеваниях. По сравнению с традиционными лабораторными способами исследования функциональных резервов больного, тесты с ходьбой требуют меньшего технического оснащения, что делает их недорогими и простыми в практическом применении и, что более важно, они могут использоваться у пожилых и у тех пациентов, которым по тяжести состояния противопоказано тестирование с максимальной нагрузкой. Описана методика проведения тестов и необходимое для этого оборудование, оценены результаты.

Ключевые слова: лабораторный тест, одышка, физические нагрузки.

PULMONOLOGY LOADING TESTS OUT OF LABORATORIES TO ESTIMATE THE PATIENT PHYSICAL STATE

S.U. Chikina

Federal State Institution Research Institute of Pulmonology Federal Bio-Medical Agency of Russia, Moscow

Different tests allowing to estimate exercise tolerance, postoperative complications risk, and induced hypoxemia during different diseases have been examined. Walk tests require less technique than traditional laboratory methods. So they are easy-to-use and not expensive. Moreover they can be used by elderly patients and by those who are not allowed to be tested with maximal load. The article also describes test technique and equipment to use. The results are analysed.

The key words: laboratory test, breathlessness, exercise tolerance.

Одним из важных проявлений большинства хронических легочных заболеваний является одышка, которая, в свою очередь, становится основной причиной ограничения переносимости физических нагрузок или физической толерантности.

Снижение физической толерантности у легочных больных связано с неспособностью организма обеспечивать максимальное поступление кислорода во время нагрузки, а в клиническом отношении – с невозможностью для пациента выполнять ту физическую работу, которую он мог бы выполнить, если бы был здоров, или которую мог выполнять ранее.

Методы оценки переносимости физических нагрузок делятся на две большие группы: лабораторные, позволяющие провести полный анализ реакции организма на физическую нагрузку и выявить основную причину снижения физической толерантности (кардиопульмональное нагрузочное тестирование на велоэргометре, тредмиле, кардиологический стресс-тест), и внелабораторные, или

«полевые» (от английского field tests), в ходе которых можно проанализировать только отдельные показатели, отражающие интегральную реакцию на нагрузку всех систем, участвующих в ее выполнении (дыхательной, сердечно-сосудистой, системной и периферической циркуляции, крови, нервно-мышечной системы и мышечного метаболизма). К внелабораторным тестам относятся степ-тест и различные тесты с ходьбой.

Выбор конкретной методики зависит от клинической задачи и технических возможностей врача.

Степ-тест

Степ-тест для оценки физического состояния используется с 40-х годов прошлого века. В последующие десятилетия степ-тест показал клиническую значимость при оценке переносимости физической нагрузки, риска послеоперационных осложнений, индуцированной нагрузкой гипоксемии при различных заболеваниях. Это один из множества тестов,

предназначенных для безопасной и удобной в практическом отношении оценки аэробного порога [6].

Степ-тест удобен тем, что требует минимума пространства и оборудования. Метаболические затраты во время проведения этого теста эквивалентны другим внелaborаторным исследованиям физической толерантности при бронхо-легочных заболеваниях [57] и уровню повседневной активности, поэтому степ-тест можно проводить у большинства пациентов.

Существует множество модификаций степ-теста: степ-тест Данди, степ-тест Королевского колледжа, Гарвардский степ-тест и др.

Для проведения степ-теста требуются ступенька, монитор для подсчета частоты сердечных сокращений, звуковоспроизводящее устройство (магнитофон или проигрыватель для компакт-дисков) и шкала оценки состояния пациента, также можно использовать пульсоксиметр.

Высота ступеньки варьирует от 17,5 до 41,3 см, частота шагов - от 30 до 15 в минуту в зависимости от возраста пациента, уровня его тренированности и физической активности. Иногда частоту подъемов на ступеньку регулирует сам пациент. Ступеньки могут быть оборудованы поручнями. Длительность тестирования составляет от 2 до 10 мин., но иногда не имеет строгих временных рамок и определяется самочувствием пациента, однако меньшая продолжительность тестирования снижает его чувствительность по сравнению с исследованием на тредмиле, в частности, при выявлении постнагрузочного бронхоспазма.

Максимальное потребление кислорода VO_{2max} , рассчитанное в результате степ-теста, тесно коррелирует с таким же показателем, измеряемым при эргометрии [6], однако по данным некоторых авторов существенно - на 10-15% - может превышать последний [57].

Степ-тест может проводиться в двух режимах: с постоянной либо с возрастающей нагрузкой (степ-тест Честера [6]).

Степ-тест Честера состоит из 5 этапов, на каждом из которых увеличивается частота шагов. Исходя из этого и с учетом выбранной высоты ступеньки рассчитывается максимальное потребление кислорода (VO_{2max}) (табл. 1).

Таблица 1
Расчет максимального потребления кислорода (VO_{2max}) в степ-тесте Честера

Стадия теста	I	II	III	IV	V
Частота шагов	15	20	25	30	35
Высота ступеньки	VO_2 (мл/кг/мин.)				
0,15 м	11	14	18	21	25
0,2 м	12	17	21	26	29
0,25 м	14	19	24	28	33
0,3 м	16	21	27	32	37

Частота шага регулируется, как правило, метрономом. На каждом этапе тестирования измеряют ЧСС, оценивают в баллах самочувствие пациента,

рассчитывают максимальную ЧСС соответственно возрасту пациента и VO_{2max} . Интенсивность нагрузки в степ-тесте Честера зависит от высоты ступеньки и частоты шагов с пола на ступеньку и обратно, поэтому крайне важно правильно подобрать высоту ступеньки в каждом конкретном случае. Лучше «занизить» ступеньку, чтобы пациент мог безопасно для здоровья пройти больше стадий и, следовательно, выполнить максимально возможную для себя нагрузку. Тест прекращается, когда пациент достигает субмаксимальной ЧСС, равной 80% от максимальной, соответствующей возрасту, либо когда балльная оценка физического усилия достигает 14 баллов по 20-балльной шкале Борга [5]. Таким образом, степ-тест Честера с возрастающей нагрузкой, как и другие модификации этого исследования, позволяют достичь только субмаксимальной нагрузки. По результатам степ-теста Честера можно рассчитать VO_{2max} для оценки аэробной мощности пациента и подобрать для него тренирующий режим физической нагрузки.

Недостатком всех степ-тестов является непригодность такого вида нагрузки для многих пациентов, особенно имеющих патологию опорно-двигательного аппарата, которая может влиять на их результаты, а также отсутствие стандартизации всех параметров теста (высоты ступеньки, длительности исследования, скорости подъема на ступеньку, причин прекращения теста и т.д.), хотя в последние годы ведутся попытки стандартизовать степ-тест.

Тесты с ходьбой

Тесты с ходьбой - это функциональные нагрузочные тесты, которые главным образом оценивают способность пациента переносить повседневные физические нагрузки, поскольку ходьба - это нагрузка, выполняемая ежедневно всеми, кроме наиболее тяжелых больных. Тесты с ходьбой весьма распространены в клинической практике и, в частности, в пульмонологии благодаря простоте выполнения, хорошей переносимости пациентами, сопоставимости с повседневными нагрузками и удовлетворительной корреляции результатов теста с состоянием пациента.

Основные цели тестов с ходьбой:

- 1) оценка функционального состояния пациента и степени снижения его физических возможностей;
- 2) оценка эффективности проводимого лечения;
- 3) определение индивидуального прогноза выживаемости, в том числе перед хирургическими вмешательствами на легких (резекцией, трансплантацией и т.д.);
- 4) определение сроков трансплантации легких и установления очередности пациентов в листе ожидания.

Разработано множество разновидностей тестов с ходьбой: с фиксированным временем (2-, 5-, 6-, 9- и 12-минутный), с фиксированным расстоянием (например, 100 м, полмили, 2 км), с различной регуляцией скорости ходьбы (когда скорость выбирает сам пациент или скорость задается исследователем; когда скорость ходьбы остается постоянной

в течение всего тестирования или постепенно возрастает). Выбор этих параметров зависит от целей исследования. Так, в тестах с постоянной скоростью ходьбы нагрузка не меняется в течение исследования, при этом оценивают время, в течение которого пациент может выполнять нагрузку такой величины (выносливость), а тесты с возрастающей нагрузкой определяют максимальный уровень физических возможностей пациента. Традиционно тесты с возрастающей нагрузкой проводятся на велоэргометре или тремеле, но существуют эквивалентные модификации тестов с ходьбой (шаттл-тест).

Несмотря на хорошую воспроизводимость, результаты тестов с ходьбой подвержены влиянию двух факторов: выработка у пациента навыков и настроение больного. При повторных тестированиях с небольшими интервалами времени у пациентов улучшается координация движений при ходьбе по заданной траектории, исчезает волнение и тревога, он подбирает оптимальную длину шага. Влияние «тренировочного» эффекта на результаты повторных тестирований через месяц и более не изучалось. Скорее всего, этот эффект исчезает через несколько недель [2].

Не менее значимо на результаты тестов с ходьбой влияет настроение больного. Так, устная стимуляция пациента во время тестирования увеличивает пройденное расстояние на 30 м, что сравнимо с воздействием некоторых видов лечения. Подобная стимуляция нежелательна еще и потому, что навязанное ускорение темпа ходьбы влечет раннюю усталость и создает стресс у больных с сердечно-сосудистой патологией. В связи с этим не рекомендуется ни словами, ни даже жестами заставлять больного ускорять ходьбу во время исследования, а общение между исследователем и больным во время тестирования ограничить стандартными фразами, приведенными в клинических рекомендациях Американского Торакального общества по проведению 6-минутного теста «Вы все делаете хорошо. До конца теста осталось 5 минут», «Продолжайте так же хорошо выполнять задание. До конца теста осталось 4 минуты», «Все идет хорошо. Вы уже прошли половину», «Продолжайте так же. До конца теста осталось всего 2 минуты», («Вы все делаете правильно. До конца теста осталась только 1 минута») [2]. Некоторые исследователи вообще не используют ободряющих фраз во время проведения теста, чтобы никоим образом не влиять на его результат.

В каждом лечебном учреждении желательно выработать единый стандарт общения медперсонала с больным во время проведения тестов с ходьбой и соблюдать его при всех тестированиях, чтобы полученные результаты можно было корректно сравнивать как в динамике у одного и того же пациента, так и у разных больных.

12-минутный тест

12-минутный тест (12-МТ) был впервые предложен К.Н.Соорер в 1968 г. для оценки уровня физической подготовленности молодых мужчин и позднее был адаптирован С.Р.МсГавин и соавт. для определения физической толерантности больных хроническим бронхитом.

Методика проведения 12-МТ аналогична той, что применяется при 6-МТ (см. ниже). Результаты 12-МТ достаточно хорошо коррелируют с VO_2max и с результатами других тестов с ходьбой – 2-, 4- и 6-минутного, но не коррелируют с легочной функцией.

По мнению отдельных авторов, большая продолжительность этого исследования негативно влияет на результат: пациенты могут испытывать беспокойство в связи с необходимостью выполнять физическую нагрузку в течение такого продолжительного времени. С другой стороны, более продолжительное исследование может лучше выявлять снижение физической толерантности, а у более короткого эта способность ниже, поэтому разумным компромиссом, скорее всего, является 6-МТ. По этим причинам на основе 12-МТ было разработано несколько модификаций:

- 6-минутный тест;
- 2- и 4-минутные тесты с ходьбой;
- 20-м шаттл-тест;
- 10-м шаттл-тест с возрастающей нагрузкой (incremental shuttle test);
- шаттл-тест с постоянной нагрузкой (endurance shuttle test).

В данной главе будут рассмотрены тесты с ходьбой, наиболее распространенные в клинической практике.

6-минутный тест

6-МТ (внелабораторный нагрузочный тест) – самый распространенный как в клинической практике, так и в научных исследованиях. Это тест с ходьбой в произвольном темпе в течение 6 мин. Результатом теста является расстояние, которое больной может быстро пройти по ровной твердой поверхности за 6 мин. Большинство больных за это время не достигают максимальной нагрузки, а наоборот, сами выбирают ее интенсивность; им разрешается останавливаться и отдыхать во время исследования. В то же время большинство повседневных видов физической активности выполняются на субмаксимальном уровне нагрузки, поэтому 6-минутный тест лучше отражает функциональные возможности пациента в повседневной жизни. Шестиминутный тест можно проводить в отделении функциональной диагностики, отделении стационара, отделениях реабилитации и врачебно-физкультурных диспансерах, поликлиниках, санаториях и т.д.

Показания к проведению 6-МТ

1. Самым главным показанием для 6-МТ является определение эффективности лечения (трансплантации легких, хирургической редукции объема легких, реабилитационных программ, лекарственной терапии и кислородотерапии у больных с различными бронхо-легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями) [2].

2. 6-МТ используется для однократной оценки функционального состояния больного при различных заболеваниях респираторной и сердечно-сосудистой систем, периферических сосудов, нервно-мышечной системы, у пожилых пациентов, которым противопоказано максимальное нагрузочное тести-

рование), в том числе для выявления десатурации на фоне физической нагрузки у больных, у которых в покое показатели газообмена в норме.

3. Расстояние, пройденное в 6-МТ, имеет прогностическое значение при сердечной недостаточности, ХОБЛ, муковисцидозе, первичной легочной гипертензии, хирургических вмешательствах на грудной клетке, трансплантации легких и ряде других заболеваний.

Противопоказания для проведения 6-МТ

Согласно рекомендациям Американского Торакального общества, абсолютными противопоказаниями к проведению 6-МТ являются нестабильная стенокардия в течение предыдущего месяца и инфаркт миокарда в течение предыдущего месяца [2].

К относительным противопоказаниям для проведения 6-МТ относят:

1) тахикардию с частотой сердечных сокращений в покое более 120 уд/мин.;

2) артериальную гипертензию с систолическим давлением в покое более 180 мм рт.ст. и диастолическим давлением более 100 мм рт.ст. [2];

3) неспособность пациента выполнить тест из-за слабости, боли, лихорадки, одышки, дискоординации или психических нарушений;

4) неконтактность пациента либо неспособность его выполнять указания медперсонала при проведении теста.

Теоретически больные с относительными противопоказаниями имеют повышенный риск развития аритмий и острой сердечно-сосудистой недостаточности во время тестирования, поэтому для пациентов с любыми из этих состояний специалист по функциональной диагностике и лечащий врач должны индивидуально решать вопрос о проведении теста. Перед тестированием также необходимо проанализировать электрокардиограмму пациента за последние 6 мес., а больным со стабильной стенокардией тест следует проводить после приема антиангинальных средств. Также необходимо иметь наготове нитраты для оказания срочной помощи при необходимости [2].

Каждый пациент при проведении 6-МТ самостоятельно определяет интенсивность нагрузки, поэтому тест проводился у пожилых пациентов и больных с сердечной недостаточностью, включая пациентов, ожидающих трансплантации сердца по поводу тяжелой сердечной недостаточности без серьезных побочных эффектов, что позволяет рекомендовать его в ситуациях, когда противопоказано лабораторное нагрузочное тестирование.

Меры предосторожности

1. Тестирование следует проводить в условиях, где в случае необходимости возможно быстрое оказание экстренной помощи.

2. Необходимые медикаменты включают кислород, сублингвальную форму нитроглицерина, аспирин и бета-2-агонист короткого действия в виде дозированного ингалятора либо небулизированного раствора. Врач, проводящий тестирование, должен иметь возможность воспользоваться телефоном для вызова помощи.

3. Согласно рекомендациям Американского Торакального общества, 6-МТ может проводиться специально обученным средним медицинским персоналом. В то же время требуется, чтобы медицинский работник, проводящий тестирование, имел навыки оказания неотложной помощи и реанимационных мероприятий. Должна быть легко доступна помощь квалифицированного специалиста.

4. Если пациент получает длительную кислородотерапию, то ингаляции кислорода во время тестирования продолжают в прежнем режиме.

5. Больные со стабильной ишемической болезнью сердца перед исследованием должны принять антиангинальные препараты.

Исследование немедленно прекращают при появлении:

- 1) боли в грудной клетке;
- 2) удушья либо при резком усилении одышки;
- 3) судорог в мышцах ног;
- 4) шаткости походки;
- 5) выраженной потливости;
- 6) резкой бледности;
- 7) снижении сатурации <80% или на 10% от исходного значения;
- 8) головокружения;
- 9) при требовании пациента завершить тест.

При прекращении тестирования по любой из этих причин следует посадить пациента либо положить на спину в зависимости от тяжести его состояния и риска потери сознания, измерить артериальное давление, частоту пульса, сатурацию кислорода, при необходимости следует дать кислород.

Методика проведения 6-МТ

6-МТ проводят в ровном прямом закрытом коридоре с твердым полом, по которому легко ходить. В хорошую погоду тест можно проводить на открытом воздухе. Коридор маркируют через каждые 3 м. Начало и конец дистанции отмечают конусами (аналогичными оранжевым конусам, используемым при ремонте дорог), которые ставят на расстоянии 0,5 м от концов коридора. Стартовая линия отмечается на полу яркой лентой [2].

Более короткий коридор требует больше времени на повороты и более частой смены направления движения, что уменьшает общее пройденное расстояние. Рекомендуемая длина дистанции составляет 30 м [2], хотя некоторые исследователи используют 20-, 50- и даже 90-метровые коридоры. В крупном многоцентровом исследовании NETT у больных с эмфиземой расстояние, пройденное за 6 мин., было примерно на 10% меньше, если больные шли только по прямой, а не проходили несколько раз по одному коридору [52].

Отсутствует единое мнение о том, можно ли пользоваться тредмилом при проведении 6-МТ. Использование тредмила экономит пространство, позволяет мониторировать частоту сердечных сокращений и сатурацию кислорода во время нагрузки, а при обследовании больных, получающих длительную кислородотерапию, устраняет необходимость передвижения кислородного концентратора по коридору вслед за пациентом. В большинстве

публикаций расстояние, пройденное по коридору, было больше, чем расстояние, пройденное теми же пациентами на тредмиле, и разница составляла от 49 [56] до 84 м [55]. Такие различия клинически значимы (см. раздел «Интерпретация результатов 6-МТ»), поэтому был сделан вывод, что эти варианты 6-МТ неэквивалентны. Значительные различия в результатах одного и того же теста, выполненного в разных условиях, объясняются тем, что, во-первых, для любого человека более привычна ходьба по коридору, чем по бегущей дорожке; во-вторых, любое изменение скорости ходьбы в коридоре практически не требует усилий пациента, а тот же процесс на тредмиле сопровождается дополнительным умственным и физическим усилием, поскольку на тредмиле как для увеличения, так и для уменьшения скорости пациент должен был нажать соответствующую кнопку. И, наконец, не исключено, что при тестировании на тредмиле снижалась мотивация больного, опять же в связи с присутствием дополнительных трудностей [55, 56].

Необходимое оборудование

1. Хронометр либо секундомер.
2. Два небольших конуса для обозначения точек поворота.
3. Механический счетчик расстояния (шагомер).
4. Кресло, которое легко передвигается вдоль дистанции.
5. Источник кислорода.
6. Тономанометр.
7. Телефон.
8. Портативный дефибриллятор.
9. Средства экстренной помощи (см. раздел «Меры предосторожности»).

Подготовка пациента к 6-МТ

1. Удобная одежда, не стесняющая движений.
2. Обувь, удобная для ходьбы.
3. Пациенту разрешается использовать приспособления для ходьбы (трость и т.д.), которым он пользуется повседневно.
4. Сохраняется обычный для больного режим приема медикаментов.
5. Перед проведением теста пациенту разрешается принять легкий завтрак (обед).
6. Не рекомендуются энергичные физические нагрузки в течение 2 ч до проведения теста.

Тестирование

1. До начала исследования пациент должен спокойно посидеть в кресле около стартовой линии как минимум 10 мин. В течение этого времени необходимо оценить противопоказания к исследованию, измерить пульс и давление и убедиться, что одежда и обувь пациента подходят для выполнения теста.
3. Целесообразность измерения сатурации кислорода состоит в том, что толерантность к физической нагрузке определяется не только пройденным расстоянием, но и симптомами заболевания на фоне нагрузки. Пульсоксиметрию желательнее проводить в течение всего тестирования. Следует обратить внимание на регулярность пульса и приемлемое качество сигнала пульсоксиметра. Для мониторинга сатурации исследователю не нужно проходить с пациентом всю

дистанцию. Пульсоксиметр должен крепиться к одежде пациента, быть легким (не более 900 г) и удобной формы, чтобы пациенту не приходилось удерживать его, и чтобы он не мешал ходьбе.

4. Для оценки одышки при нагрузке используют шкалу Борга (табл. 2) либо визуально-аналоговую шкалу. Их следует напечатать на твердой бумаге (желательно ламинированной) крупным шрифтом. Перед началом 6-МТ нужно показать шкалу пациенту и попросить по ней определить степень дыхательного дискомфорта и общего утомления. В конце тестирования следует напомнить пациенту выбранные им исходно баллы и попросить вновь оценить эти симптомы.

Таблица 2

Шкала Борга для оценки одышки

Баллы	Тяжесть одышки
0	Нет одышки совсем
0,5	Очень, очень легкая (почти неощутимая)
1	Очень легкая одышка
2	Легкая (слабая) одышка
3	Средняя одышка
4	Умеренная одышка
5	Тяжелая одышка
6	Достаточно тяжелая одышка
7	Очень тяжелая одышка
8	Очень, очень тяжелая одышка
9	Чрезвычайно тяжелая одышка
10	Невыносимая (предельно тяжелая) одышка

5. Исследователь должен проинструктировать пациента следующим образом: «Цель этого исследования – ходить настолько быстро, насколько возможно, в течение 6 минут. Это достаточно большое время для ходьбы, поэтому Вы сами определяете интенсивность своей нагрузки. Возможно, у Вас усилится одышка или появится усталость. При этом Вы можете замедлить темп ходьбы, а если нужно, остановиться и отдохнуть. Во время отдыха можно прислониться к стене, но затем Вам следует продолжать ходьбу. Ходить нужно вперед и назад по коридору, обходя конусы. Поворачивать вокруг конусов нужно быстро и затем без задержки продолжать движение в обратном направлении».

Рекомендуется пойти один круг и продемонстрировать пациенту, как надо ходить.

6. В течение всего тестирования исследователь должен стоять рядом со стартовой линией. Не следует ходить вместе с пациентом. Когда пациент начнет ходьбу, нужно включить таймер.

7. Не следует разговаривать с пациентом во время ходьбы. Можно лишь использовать стандартные ободряющие фразы. Каждый раз, когда пациент поворачивает на стартовой линии, исследователь однократно нажимает на кнопку счетчика либо отмечает пройденный круг на листе бумаги. Рекомендуется делать это заметно для пациента.

Нельзя даже жестами требовать от больного увеличить скорость ходьбы.

Если пациент во время исследования остановился и нуждается в отдыхе, таймер на это время не выключают. Если пациент отказывается продолжать ходьбу (или исследователь считает, что тест следует прекратить), следует подвинуть кресло и усадить в него пациента и отметить в протоколе пройденное расстояние, время и причину преждевременного прекращения исследования.

За 15 сек. до завершения теста следует предупредить пациента, чтобы после просьбы остановиться он остановился там, где будет находиться в этот момент, после чего исследователь сам подходит к пациенту и при необходимости подкатывает к нему кресло. Точку остановки отмечают на полу куском яркой ленты либо другим маркером.

8. После завершения теста снова измеряют сатурацию, частоту пульса, степень одышки и усталости по шкале Борга либо визуально-аналоговой шкале, а также спрашивают пациента о причинах, которые мешали ему ходить быстрее, и указывают их в протоколе.

9. Для подсчета пройденного расстояния используют показания шагомера или разметку на стене коридора.

Особенности пульсоксиметрии во время нагрузочного тестирования

1. Не все пульсоксиметры на фоне физической нагрузки дают результаты, сопоставимые с газовым анализом артериальной крови.

2. Пульсоксиметры имеют некоторую инертность и не сразу отражают изменения сатурации.

3. При использовании некоторых моделей пульсоксиметров снижение тканевой перфузии при сердечно-сосудистых заболеваниях, спазме сосудов или гипотермии может исказить результат. При этом рекомендуется использовать для измерения другие участки тела (например, ухо, лоб) либо разогреть пальцы рук.

4. Снижение сатурации менее 83% может уменьшить точность измерения из-за того, что большинство пульсоксиметров калиброваны по 85%-ному уровню сатурации.

5. На точность пульсоксиметрии влияют изменения концентрации гемоглобина. У пациентов с гемоглобином ниже 80 г/л происходит существенное занижение результатов пульсоксиметрии.

6. Возможно появление артефактов, связанных с движением. Некоторые пульсоксиметры снабжены устройством, устраняющим такие артефакты.

7. Некоторые пульсоксиметры реагируют на пигментацию кожи, хотя специальных исследований этой проблемы не проводилось.

8. На результат пульсоксиметрии может влиять окружающее освещение.

Причины вариабельности результатов теста

Шестиминутный тест обладает хорошей воспроизводимостью с коэффициентом корреляции между результатами повторных тестов от 0,83 [32] до 0,98 [25] и разницей при повторных исследованиях в пределах 20 м [2], поэтому в большинстве случаев повторение теста для получения достоверного

результата не требуется, однако многие исследователи проводят тест как минимум дважды. Рекомендуемый интервал времени между повторными тестированиями составляет 1 час [2].

В то же время существует много причин для вариабельности результатов 6-МТ, которые в основном кроются в разной технике и кратности проведения исследования. Американское Торакальное Общество в рекомендациях по 6-МТ указывает, что в большинстве ситуаций достаточно однократного тестирования, но если существует необходимость в повторном исследовании, то интервал должен составлять не менее 1 ч., при этом регистрируют лучший из полученных результатов [2]. Повторное тестирование рекомендуется выполнять в то же время дня, что и первое, во избежание внутрисуточной вариабельности результатов, хотя некоторые исследователи не получили статистически значимой разницы между результатами повторных 6-МТ, проводимых в разное время суток [4].

Если во время тестирования пациент ингалирует кислород, особенно когда планируются повторные исследования (например, для оценки эффективности других видов лечения), то при проведении всех тестов пациент должен получать кислород в одном и том же режиме. Если скорость подачи кислорода во время последующих тестирований увеличивают из-за ухудшения газообмена, это должно быть отмечено в протоколе и учитываться при интерпретации результатов. Также в протоколе следует указать тип прибора для длительной кислородотерапии: например, пациент получает жидкий кислород из портативного баллона либо передвигает рядом с собой концентратор кислорода либо медицинский работник с источником кислорода идет за пациентом (что не рекомендуется); доставка кислорода – постоянная либо в пульсовом режиме. Пульс и сатурацию измеряют спустя как минимум 10 мин. после изменения режима подачи кислорода [2].

Интерпретация результатов 6-минутного теста

На результат 6-МТ могут влиять некоторые факторы, не связанные с сердечно-сосудистыми и респираторными заболеваниями (табл. 3).

Таблица 3
Факторы, влияющие на результат 6-МТ

Уменьшают расстояние	Увеличивают расстояние
Маленький рост	Высокий рост (более длинные ноги)
Пожилой возраст	Мужской пол
Избыточный вес тела	Сильная мотивация
Женский пол	Повторное тестирование
Снижение интеллекта	Лекарственные препараты, принятые непосредственно перед тестированием
Негроидная раса [16]	
Короткий коридор (больше число поворотов)	
Заболевания крупных суставов	

В большинстве случаев 6-МТ выполняется до и после лечебных мероприятий, и главный вопрос состоит в том, получено ли у данного больного клинически значимое улучшение. Сегодня нет достоверных сведений о том, что лучше коррелирует с клиническим улучшением: увеличение пройденного расстояния в абсолютных величинах либо в процентах от исходного уровня, либо в процентах от должных значений. Американское Торакальное Общество рекомендует оценивать динамику пройденного расстояния в абсолютных величинах (в метрах) [2].

Статистически достоверное улучшение результатов 6-МТ на фоне лечения не обязательно означает, что и состояние пациента при этом значимо улучшилось. Окончательно не установлено, на сколько должен улучшиться результат внелабораторных нагрузочных тестов, чтобы пациент заметил, что его переносимость повседневных физических нагрузок тоже улучшилась. При этом следует иметь в виду, что статистически достоверное среднее увеличение 6-минутного расстояния в группе пациентов зачастую гораздо меньше, чем клинически значимое улучшение у каждого отдельного больного. В мета-анализе Puhon у больных со среднетяжелой и тяжелой ХОБЛ увеличение 6-минутного расстояния на 35 м соответствовало минимальному значимому улучшению качества жизни, оцененного по вопросам Chronic Respiratory Questionnaire и St. George's Respiratory Questionnaire [46]. R.A.Wise и C.D.Brown получили минимальную клинически значимую разницу в 6-минутном расстоянии для больных ХОБЛ 54–80 м [61].

Для больных с хронической сердечной недостаточностью минимальное увеличение 6-минутного расстояния, соответствующее улучшению качества жизни и уменьшению клинических проявлений хронической сердечной недостаточности, составило 24 м, а минимальное уменьшение 6-минутного расстояния с соответствующим ухудшением клинических показателей и качества жизни – 43 м [38].

Недавно опубликованы результаты единственного пока исследования, оценившего минимальную клинически значимую разницу в 6-минутном расстоянии для больных с идиопатической легочной артериальной гипертензией, которая составила 39 м (разброс 12,7 – 77,9 м) [21].

Должные величины 6-МТ

Оптимальные должные величины для стандартизованного 6-МТ на основании исследования здоровой популяции пока не разработаны. Проведенные в этом направлении исследования охватывают недостаточно большие популяции либо ограниченные возрастные группы.

В 1998 г. P.L.Enright и D.L.Sherrill по результатам обследования 117 практически здоровых мужчин и 173 практически здоровых женщин в возрасте от 43 до 79 лет [16], отобранных методом случайной выборки из 3805 человек, вывели формулы для вычисления должных величин:

для мужчин: $(7,57 \times \text{рост в см}) - (5,02 \times \text{возраст}) - (1,76 \times \text{вес в кг}) - 309 \text{ м}$,

для женщин: $(2,11 \times \text{рост в см}) - (2,29 \times \text{вес в кг}) - (5,78 \times \text{возраст}) + 667 \text{ м}$, которые объясняли 42% и 38% вариации результатов 6-МТ для мужчин и женщин соответственно. Нижняя граница нормы определялась при вычитании из полученной нормы 153 м для мужчин и 139 м для женщин. Однако общая популяция составила всего 290 человек, и в нее не вошли лица моложе 40 лет.

Годом позже Troosters и соавт. вывели другое уравнение для расчета должного расстояния в 6-МТ:

$218 + (5,14 \times \text{рост в см} - 5,32 \times \text{возраст}) - (1,8 \times \text{вес в кг} + 51,31 \times \text{пол})$, где пол=1 для мужчин и нулю для женщин. Однако исследование включало всего 54 здоровых человека в возрасте 50–85 лет [59].

В 2003 г. Enright и соавт. провели многоцентровое исследование с участием 2281 человек, отобранных из когорты численностью 5201 человек [15]. Средний возраст составил 77 года для 2117 человек, которые могли полностью выполнить 6-МТ, и 78 лет для 164 человек, которые выполнили исследование лишь частично. В этой популяции 437 женщин и 315 мужчин были здоровыми, остальные страдали различными заболеваниями сердечно-сосудистой системы, перемежающейся хромотой, сахарным диабетом, артритами. По результатам, полученным у здоровой части популяции, авторы вывели новые формулы для расчета должных величин:

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

для мужчин: та же формула + 17 м.

Нижняя граница нормы в этой группе определялась как 5-я перцентиль, что составило примерно 75% или на 100 м меньше должного расстояния.

Неоспоримым преимуществом этого исследования стало подтверждение безопасности 6-МТ у пожилых: из 2281 участника 75% не отметили какого-либо ухудшения в самочувствии к концу теста, а среди остальных чаще всего встречались жалобы на боль в ногах (34%) или общая усталость (43%).

При сопоставлении этих уравнений их специфичность (67,1% и 69,1% соответственно) и чувствительность (67,1% и 67,5% соответственно) при прогнозе летальности у больных ХОБЛ была сходной [11].

Должные величины 6-МТ для детей и подростков рассчитаны Li и соавт. по результатам обследования 1445 здоровых китайских детей от 7 до 16 лет [31]:

для мальчиков: $554,16 + (\Delta\text{ЧСС} \times 1,76) + (\text{рост в см} \times 1,23)$;

для девочек: $526,79 + (\Delta\text{ЧСС} \times 1,66) + (\text{рост в см} \times 0,62)$,

где $\Delta\text{ЧСС}$ – разница в частоте сердечных сокращений до и после 6-МТ.

Из всех клинических и антропометрических и клинических параметров авторы включили в это уравнение только рост и разницу в ЧСС до и после нагрузки, поскольку в пошаговой мультивариантной регрессионной модели эти показатели имели наиболее сильную положительную корреляцию с 6-минутным расстоянием.

В 2009 г. выполнено аналогичное исследование в Северной Африке с участием 200 здоровых детей в возрасте от 6 до 16 лет, получено следующее уравнение:

6-МД в метрах = $(4,63 \times \text{рост в см}) - (3,53 \times \text{вес в кг}) + (10,42 \times \text{возраст в годах}) + 56,32$, где 6-МД – расстояние, пройденное в 6-МТ [3]. Однако следует помнить, что по данным Enright и соавт. лица пожилого возраста негроидной расы проходили за 6 мин. меньше, чем лица белой расы [15], хотя среди детей подобного сравнения не проводилось.

Таким образом, до настоящего времени не существует универсального уравнения для расчета должных величин 6-МТ, которое могло бы использоваться в любых клинических ситуациях подобно расчету должных величин легочных функциональных показателей. Вероятно, в клинической практике врачи могут применять приведенные выше уравнения с учетом возраста больных.

Расстояние, пройденное в 6-МТ, хорошо коррелирует с VO_2max , измеренным во время максимального нагрузочного тестирования на велоэргометре либо тредмиле (коэффициент корреляции r от 0,59 [40] до 0,78 [7]. Laskin и соавт. на основании сопоставления результатов 6-МТ и тестирования на велоэргометре 20 здоровых людей составили уравнения для расчета VO_2max по итогам 6-МТ:

VO_2max (л/мин) = $-1,732 + (\text{вес в кг} \times 0,049) + (\text{расстояние в м} \times 0,005) + (\text{ЧСС} \times (-0,015))$, где ЧСС – число сердечных сокращений в 1 мин. [28].

Средние величины 6-минутного расстояния, полученные в разных исследованиях, приведены в таблице 4.

Во всех исследованиях среднее 6-минутное расстояние у мужчин было несколько выше, чем у женщин, у здоровых по сравнению с лицами, имеющими какие-либо хронические заболевания, и снижалось с возрастом. Различия в средних значениях 6-минутного расстояния среди здоровых лиц сходного возраста могут объясняться разницей в численности обследованных групп и методике выполнения 6-МТ (тип и частота ободрающих фраз, форма траектории (круг, прямая линия, прямоугольник), поставленная перед участниками исследования задача, кратность тестирования).

Низкие величины 6-минутного расстояния неспецифичны и не имеют диагностического значения, и при получении такого результата необходим тщательный анализ возможных причин этого снижения с учетом легочной и сердечной функций, мышечной силы, состояния питания и опорно-двигательного аппарата, интеллекта, особенностей телосложения и т.д. [2].

Результаты 6-минутного теста умеренно коррелируют с показателями качества жизни и выраженностью одышки.

Десатурация

Десатурацией во время 6-МТ считают снижение сатурации, измеренной пульсоксиметром, на $\geq 4\%$, что определяется при вычитании величины сатурации до нагрузки из величины, полученной после нагрузки [24].

Таблица 4
Средние величины расстояния, пройденного в 6-МТ

Исследование	Численность популяции	Возраст, годы	Состояние здоровья	Среднее расстояние, м
Enright P.L. et al., 1998	290	43-79	Здоровые	576 м для мужчин, 494 м для женщин
Stevens D. et al., 1999	21	35-79	Хронические бронхо-легочные заболевания	$374,3 \pm 77,7$
Troosters T. et al., 1999	53	50-85	Здоровые	631 ± 93
Gibbons W.J. et al., 2001	79	20-80	Здоровые	698 ± 96
Enright P.L. et al., 2003	752	Средний возраст 77-78 лет	Здоровые	400 м для мужчин 367 м для женщин
	2281		Смешанная популяция (здоровые, лица с различной сердечно-сосудистой патологией, сахарным диабетом, артритами)	362 м для мужчин 332 м для женщин
Camarrri B. et al., 2006	70	55-75	Здоровые	659 ± 62
Chetta A. et al., 2006	102	20-50	Здоровые	638 ± 44 м для мужчин
				593 ± 57 м для женщин
Poh H. et al., 2006	35	45-85	Здоровые	560 ± 105
Li A.M. et al., 2007	1445	7-16	Здоровые	$680,9 \pm 65,3$ м для мальчиков,
				$642,7 \pm 58,9$ м для девочек

Помимо десатурации, связанной с сердечно-легочными заболеваниями, описаны случаи десатурации при физической нагрузке (как высокой, так и умеренной интенсивности) у здоровых спортсменов [20], что связывают либо с гиповентиляцией при умеренных нагрузках, вызванных повышенной выносливостью, либо с повышенным депонированием крови в мышечной ткани, либо с другими, пока не изученными особенностями адаптации кардиореспираторной системы.

Динамика результатов 6-минутного теста на фоне лечения

Бронходилататоры. Исследования по влиянию бронхолитиков на переносимость физических нагрузок в подавляющем большинстве ограничиваются больными ХОБЛ, и результаты их противоречивы. Данные некоторых исследований о влиянии β_2 -агонистов короткого и длительного действия на результат 6-МТ как в однократных дозах, так и при длительном лечении в виде монотерапии и в комбинации с антихолинергическими препаратами приведены в таблице 5.

В последние годы увеличивается объем информации о положительном влиянии тиотропиума на переносимость физической нагрузки при ХОБЛ, что объясняется его способностью существенно и стабильно уменьшать гиперинфляцию легких во время нагрузки у больных ХОБЛ.

Кортикостероиды. В исследовании Paggiaro и соавт. больные ХОБЛ, получавшие ингаляционные стероиды, улучшили результаты 6-минутного теста в среднем на 33 м (8%) [41]. Однако Schuurmans и соавт. показали, что при среднетяжелой и тяжелой стабильной ХОБЛ пероральный преднизолон существенно увеличивал 6-минутное расстояние в среднем на 55 м (12,3% от исходного) только у больных с обратимой на фоне стероидной терапии бронхиальной обструкцией [51].

Другие препараты для лечения ХОБЛ. Влияние теофиллина на результаты 6-МТ изучалось всего в одном двойном слепом рандомизированном плацебо-контролируемом исследовании с участием больных с хроническим бронхитом; при этом ни пероральная доза теофиллина от 200 до 800 мг при однократном приеме, ни соответствующая концентрация его в плазме, не коррелировали с 6-минутным расстоянием [17].

Лечение легочной артериальной гипертензии. Изменение 6-минутного расстояния под влиянием лечения у больных легочной артериальной гипертензией оценивалось в 17 крупных рандомизированных контролируемых исследованиях. В целом, босентан улучшал результат 6-МТ на 26–76 м (хотя в одном исследовании 6-минутное расстояние на фоне лечения босентаном уменьшилось на 10 м), силденафил – на 28,8–65,5 м, эпопростенол – на 45–108 м, ситаксентан – на 31,4–34 м. Влияние других препаратов для лечения легочной артериальной гипертензии (берапрост, илопрост, трепростинил) оценивалось в единичных исследованиях, все они увеличивали пройденное расстояние на 16 – 45 м [19].

Ингаляционный оксид азота у больных с легочной артериальной гипертензией в «остром» тесте не влиял на физическую толерантность [43], но при длительном лечении больных с тяжелой легочной гипертензией улучшал переносимость ими физической нагрузки [44].

Лечение сердечно-сосудистых заболеваний. Большинство исследований по влиянию лекарственных препаратов на результат 6-МТ у больных с хронической сердечно-недостаточностью посвя-

Таблица 5
Влияние бронхолитиков на результат 6-МТ

Исследование	Дизайн	Препарат	Изменение 6-минутного расстояния
S.S. Shah и соавт., 1983	Двойное слепое плацебо-контролируемое перекрестное	Сальбутамол 200 мкг однократно	Значительное увеличение (данные не приведены)
C.K. Connolly и N.S. Chan, 1987	Рандомизированное двойное слепое перекрестное	Сальбутамол + ипратропиума бромид	Увеличение на 39 м по сравнению с монотерапией теми же препаратами
A.F. Mohamed и соавт., 1991	Многоцентровое рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое в параллельных группах	Сальбутамол медленного высвобождения в таблетках, 16 мг/сут, 6 нед.	Отсутствие достоверных различий между группами сальбутамола и плацебо
G. Boyd и соавт., 1997	Многоцентровое рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое в параллельных группах	Сальметерол 100 и 200 мкг/сут, 16 нед.	Увеличение в среднем на 21 м во всех группах, включая плацебо
A. Grove и соавт., 1996	Рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое перекрестное	Сальметерол 100 мкг/сут, 4 нед.	Отсутствие достоверных различий между группами сальметерола и плацебо как после однократной дозы, так и после длительного лечения
D.A. Mahler и соавт., 1999	Многоцентровое рандомизированное двойное слепое с двойным плацебо-контролем в параллельных группах	Сальметерол 84 мкг/сут vs ипратропиума бромид 144 мкг/сут vs плацебо, 12 нед.	Достоверное увеличение на $12,8 \pm 6,4$ м в группе ипратропиума vs плацебо, остальные различия недостоверны
J.G. Hay и соавт., 1992	Двойное слепое плацебо-контролируемое перекрестное	Окситропиума бромид, однократная доза	Достоверное увеличение на 24 м (7%) по сравнению с плацебо
D.P. Spence и соавт., 1993	Рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое перекрестное	Окситропиума бромид 200 мкг однократно	Достоверное увеличение на 22 м
Okudan N. и соавт., 2006	Рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое перекрестное	Тиотропиума бромид 18 мкг однократно	Достоверное увеличение на 14,6 м по сравнению с плацебо

щено ингибиторам ангиотензин-превращающего фермента (ИАПФ). Среднее увеличение 6-минутного расстояния на фоне лечения ИАПФ составляет 24,2 м [39].

Кислородотерапия. R.M.Leach и соавт. показали, что в группе больных с различными хроническими бронхо-легочными заболеваниями ингаляция кислорода 2, 4 и 6 л/мин. во время 6-МТ увеличивает пройденное расстояние на 19,2%, 34,5% и 36,3%. Перенос портативного цилиндра для кислорода при дыхании обычным воздухом уменьшает пройденное расстояние на 14,1% по сравнению с исходным, а та же работа на фоне ингаляции кислорода увеличивает этот показатель соответственно на 2,3%, 15,5% и 17,0% [29]. В работе D.Delamplé и соавт. «острый» эффект кислорода в дозе 2–5 л/мин. у больных с ХОБЛ был менее выраженным и составил 5–7% от исходного 6-минутного расстояния [13]. Однако в целом доказательств влияния кислорода на 6-минутное расстояние на сегодняшний день недостаточно, и результаты мета-анализа 5 рандомизированных контролируемых исследований из базы данных Cochrane свидетельствуют об отсутствии значимого влияния ингаляций кислорода на переносимость физических нагрузок у больных ХОБЛ [37].

Физическая реабилитация. У больных тяжелой ХОБЛ 3-месячная легочная реабилитация улучшила 6-минутное расстояние на 30 м (11% от исходного) [12], а в исследовании P.J.Wijkstra и соавт. после 18 мес. реабилитации у таких же тяжелых больных 6-минутное расстояние почти не изменилось и достоверно не отличалось от группы контроля [60]. Однако большинство авторов сходятся во мнении, что более продолжительные реабилитационные программы в большей степени улучшают переносимость физических нагрузок [50].

У больных тяжелой легочной гипертензией физическая реабилитация в течение 15 нед. в рандомизированном контролируемом исследовании улучшила 6-минутное расстояние на 85 м (20%), а еще через 15 нед. – на 96 м (22%) по сравнению с исходным уровнем [35], но проведенные в этой области исследования немногочисленные.

При хронической сердечной недостаточности II – III функционального классов по Нью-Йоркской классификации (NYHA) физическая реабилитация может улучшить результат 6-МТ в среднем на 40,9 м [47].

Хирургические методы лечения. Билатеральная хирургическая редукция объема легочной ткани (ХРОЛ) у больных крайне тяжелой ХОБЛ может увеличить 6-минутное расстояние от 61–63,8 м (17,7% – 23,5% от исходного) в течение года [11,13] до 14–16 м (3,6–4% от исходного) в течение 6 мес. после операции [23].

Существенно улучшает переносимость физических нагрузок трансплантация легких как в ранние, так и в отдаленные сроки независимо от пересадки одного или двух легких и развития в посттрансплантационном периоде облитерирующего бронхолита.

ХОБЛ

Исследования последних лет показали, что 6-минутное расстояние у больных ХОБЛ более точно оценивает тяжесть заболевания и прогноз течения, чем ОФВ1, на котором основана принятая во всем мире классификация тяжести ХОБЛ [22] и который является основным мониторируемым показателем при этой болезни.

Риск летального исхода при ХОБЛ составил 0,82 на каждые 50 м увеличения 6-минутного расстояния [45], а снижение 6-минутного расстояния менее 289 м повышало риск летального исхода вдвое [33].

Уменьшение 6-минутного расстояния у больных ХОБЛ обратно пропорционально снижению ОФВ1: на II стадии заболевания ОФВ1 снижается на 40 мл в год, на III – на 10 мл/год и на IV стадии практически перестает изменяться с течением времени, тогда как 6-минутное расстояние на II стадии ХОБЛ уменьшается на 6 м в год (2% от исходного), на III – на 16 м в год (19% от исходного), а на IV стадии – на 15 м в год (26% от исходного) [8].

6-МТ включен в новую систему оценки состояния больных ХОБЛ – индекс BODE, включающий индекс массы тела, ОФВ1, выраженность одышки по шкале MRC и расстояние, пройденное в 6-МТ; индекс более точно прогнозирует летальность, чем ОФВ1 [9].

Хирургическое лечение (ХРОЛ и трансплантация легких)

Расстояние <200 м, пройденное в 6-МТ, наряду с гиперкапнией (PaCO_2 в покое ≥ 45 мм рт. ст.) прогнозирует летальность в течение 6 мес. после ХРОЛ с чувствительностью 100% и специфичностью 69% [58].

Шестиминутное расстояние менее 400 м может служить маркером, при котором пациент должен включаться в список ожидающих трансплантацию легких при любой легочной патологии, с чувствительностью 80% и специфичностью 27% [26].

Легочная гипертензия

При легочной артериальной гипертензии выживаемость значительно ухудшалась у больных, проходивших в 6-МТ менее 332 м, и хотя 6-минутное расстояние не коррелировало с давлением в легочной артерии, но четко уменьшалось по мере нарастания функционального класса по NYHA [36].

Интерстициальные заболевания легких

При идиопатическом легочном фиброзе прогноз выживаемости не зависит от расстояния, пройденного за 6 мин., но в большей степени определяется десатурацией в ходе 6-МТ: при нормальных показателях газообмена в покое, но снижении сатурации менее 88% во время ходьбы длительность жизни больных сокращается более чем в 2 раза [18, 27]. Однако для больных с ИЗЛ, ожидающих трансплантацию легких, «пороговым» значением 6-минутного расстояния, определяющим выживаемость в течение 6 мес., является 207 м с прогностической ценностью, превышающей таковую для ФЖЕЛ [30].

Хроническая сердечная недостаточность

Для больных с хронической сердечной недостаточностью неблагоприятным фактором, повышающим риск летального исхода, является 6-минутное

расстояние <300 м [1] и, возможно, этот же результат 6-МТ является основанием для направления больного на трансплантацию сердца [7].

Шаттл-тест

Шаттл-тест, используемый в медицине, модифицирован из 20-метрового шаттл-теста, разработанного для оценки максимальной аэробной мощности у спортсменов.

Основное отличие шаттл-теста от других тестов с ходьбой заключается в том, что скорость ходьбы регулируется не пациентом, а исследователем.

Шаттл-тест с возрастающей нагрузкой

В шаттл-тесте с возрастающей нагрузкой начальная скорость составляет 0,5-0,62 м/сек. и увеличивается каждую минуту на 0,10-0,17 м/сек., при этом время между звуковыми сигналами соответственно укорачивается.

Подобно максимальному нагрузочному тестированию на велоэргометре или тредмиле, шаттл-тест с возрастающей нагрузкой состоит из нескольких уровней (табл. 6). Каждый уровень продолжается в течение 1 мин. Нагрузка может наращиваться более постепенно («облегченный» вариант шаттл-теста, при котором тестирование заканчивается на 10-м уровне), либо более активно (модифицированный вариант шаттл-теста, который насчитывает 12 уровней, при этом к концу тестирования скорость ходьбы и суммарная нагрузка будут выше, чем в первом варианте). Соответственно темпам увеличения нагрузки увеличивается число кругов, которые пациент должен пройти на каждом уровне. Так, в течение первой минуты пациент должен пройти 3 круга, или 1 круг за 20 сек., а на 2-й минуте он должен ускорить темп ходьбы соответственно звуковому сигналу и пройти 4 круга и т.д. Если пациент достиг конца дистанции раньше, чем прозвучал сигнал, он должен остановиться и продолжать ходьбу только после сигнала.

Таблица 6

Протокол шаттл-теста

Уровень	«Облегченный»		Модифицированный	
	Скорость, м/с	Число кругов в одном уровне	Скорость	Число кругов в одном уровне
1	0,62	3	0,50	3
2	0,72	4	0,67	4
3	0,82	4	0,84	5
4	0,92	5	1,01	6
5	1,02	6	1,18	7
6	1,12	6	1,35	8
7	1,22	7	1,52	9
8	1,32	7	1,69	10
9	1,41	8	1,86	11
10	1,52	9	2,03	12
11			2,20	13
12			2,37	14

В течение первой минуты, когда скорость ходьбы самая медленная, исследователь может идти рядом с больным, чтобы помочь ему понять суть теста, но уже со 2-й минуты пациент должен ходить самостоятельно. Во время шаттл-теста не рекомендуется произносить никаких ободряющих фраз, но в течение первых 1-2 мин разрешается напоминать пациенту о необходимости немного увеличить скорость.

Максимальная продолжительность исследования составляет 10 мин. для облегченного варианта и 12 мин. для модифицированного варианта, но тест может закончиться и раньше, если пациент: а) из-за одышки не может сохранять необходимую скорость; б) не успевает пройти дистанцию за требуемое время (то есть к моменту очередного звукового сигнала оказывается дальше чем на 0,5 м от конца дистанции); в) достигает субмаксимальной ЧСС (85% от максимальной), рассчитанной по формуле:

$$210 - (0,65 \times \text{возраст}) [54].$$

Результатом теста является пройденное расстояние.

Таким образом, шаттл-тест с возрастающей нагрузкой похож на нагрузочное тестирование на велоэргометре или тредмиле, но в отличие от последних, нагрузка в шаттл-тесте не достигает максимального уровня.

Тест хорошо воспроизводим: разница между повторными исследованиями составляет 2 ± 10 м [54], и многие авторы считают, что для получения достоверных результатов достаточно однократного исследования.

Навязывание скорости ходьбы извне повышает объективность шаттл-теста и улучшает его воспроизводимость по сравнению с 6-МТ и другими тестами с ходьбой, в которых скорость регулируется самим пациентом, позволяет стандартизировать величину физической нагрузки у разных больных и у одного и того же больного при повторных исследованиях. Однако недостатком этого теста является больший, чем в тестах с произвольной скоростью ходьбы, риск развития сердечно-сосудистых осложнений, что обуславливает менее широкое его распространение.

Шаттл-тест с постоянной нагрузкой

В этом варианте шаттл-теста, как и в предыдущем, скорость ходьбы задается звуковым сигналом, но частота его остается неизменной на протяжении всего исследования. Пациент должен ходить по 10-метровой дистанции, поворачивая вокруг конусов по сигналу, записанному с одинаковыми интервалами времени.

Перед тестированием пациенту ставят задачу ходить максимально дольше с одинаковой скоростью; во время теста не рекомендуется произносить никаких ободряющих фраз.

В начале теста пациент ходит с более медленной скоростью в течение 100 сек. для «привыкания» к дистанции. Затем после специального сигнала (тройной зуммер) скорость звуковых сигналов увеличивается до заранее выбранной и далее не меняется до конца исследования (максимум 20 мин., исключая период «привыкания»).

Тест продолжается, пока пациент не устанет либо пока не появится одышка, препятствующая дальнейшей ходьбе. Если этого не происходит, то продолжительность теста ограничивается 20 мин., но пациенту об этом заранее не сообщают [48].

Результатом этого варианта шаттл-теста является продолжительность ходьбы с заданной скоростью, т.е. время, в течение которого пациент способен переносить данную нагрузку. Таким образом, шаттл-тест с постоянной нагрузкой определяет выносливость пациента.

Оптимальная интенсивность нагрузки шаттл-тесте с постоянной нагрузкой составляет 85% от максимальной.

Тест обладает хорошей воспроизводимостью: при втором исследовании время ходьбы увеличивается на 9,7-109,2 сек. по сравнению с первым, при третьем – на 0,6-28 сек. по сравнению со вторым). Таким образом, желательно выполнять два исследования с интервалом 40 мин. и учитывать лучший из полученных результатов [48]. Но если шаттл-тест с постоянной нагрузкой выполняется после шаттл-теста с возрастающей нагрузкой, результаты меняются всего на 12 сек., что делает необязательным повторное тестирование [49].

Нагрузка в шаттл-тесте с постоянной скоростью ходьбы очевидно высокая, но она стабильная и соответствует проанализированному ранее физическим возможностям пациента. Данный тест также представляет собой компромисс между интенсивностью и продолжительностью нагрузки, поскольку окончание теста не программируется заранее. Этот момент можно рассматривать как недостаток, потому что тест может продолжаться очень долго, если интенсивность нагрузки недостаточно высока. По этой причине шаттл-тесты не подходят для здоровых лиц, так как для достижения субмаксимальной и тем более максимальной нагрузки здоровым людям потребуется слишком большая скорость ходьбы и длительное время исследования.

Другой недостаток шаттл-теста с постоянной нагрузкой – необходимость предшествующего максимального нагрузочного тестирования. В связи с этими причинами шаттл-тест с постоянной нагрузкой в клинической практике используется нечасто.

Шаттл-тест хорошо воспроизводим и хорошо коррелирует с VO_2max .

Результаты шаттл-теста с возрастающей нагрузкой достоверно улучшаются после ХРОЛ у больных с тяжелой эмфиземой, на фоне легочной реабилитации у больных ХОБЛ, но мало меняются на фоне бронхолитической терапии.

Шаттл-тест с возрастающей нагрузкой может прогнозировать риск повторных госпитализаций по поводу обострений ХОБЛ в течение 12 мес. с отношением риска 0,8 (0,67 – 0,97) на каждые пройденные 10 м [14], определять прогноз у больных хронической сердечной недостаточностью, в том числе перед трансплантацией сердца, и предоперационный риск у больных раком легкого.

Минимальная клинически значимая разница в результатах шаттл-тестов как с возрастающей, так и

с постоянной нагрузкой изучалась в единственном исследовании Singh и соавт. и по данным этих авторов, составляет 47,5 м [53].

Заключение

Таким образом, внелабораторные нагрузочные тесты представляют собой хорошую альтернативу в условиях, когда отсутствует возможность проведения кардиопульмонального нагрузочного тестирования.

Преимущества внелабораторных тестов:

- простота методики и доступность в любых условиях;
- отсутствие необходимости в сложном дорогом оборудовании, специальных помещениях и участия специально подготовленного персонала;
- уровень повседневной физической активности, который более важен для пациента, чем максимальная нагрузка;
- хорошая корреляция с показателями максимального нагрузочного тестирования;
- хорошая воспроизводимость;
- минимальное число противопоказаний.

Недостатки внелабораторных тестов:

- неполная информация о реакции организма на физическую нагрузку и невозможность измерения параметров газообмена, легочной функции и ЭКГ непосредственно на фоне нагрузки;
- результат тестов с произвольным темпом ходьбы или подъема на ступеньку значительно зависит от мотивации пациента;
- отсутствие должных величин.

По сравнению с традиционными лабораторными способами исследования функциональных резервов больного, такими как тредмил и велоэргометрия, тесты с ходьбой требуют меньшего технического оснащения, что делает их недорогими и простыми в практическом применении и, что более важно, они могут использоваться у пожилых и у тех пациентов, которым по тяжести состояния противопоказано тестирование с максимальной нагрузкой на тредмиле или велоэргометре.

Разнообразие существующих методик внелабораторного нагрузочного тестирования предоставляет врачу широкие возможности выбора.

Список литературы

1. Arslan S., Erol M.K., Gundogdu F. et al. Prognostic value of 6-minute walk test in stable outpatients with heart failure // Tex. Heart Inst. J. - 2007. - Vol. 34. - P. 166-169.
2. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test // Am. J. Respir. Crit. Care Med. - 2002. - Vol. 166. - P. 111-117.
3. Ben Saad H., Prefaut C., Missaoui R. et al. Reference equation for 6-min walk distance in healthy North African children 6-16 years old // Pediatr. Pulmonol. - 2009. - Vol. 44. - №4. - P. 316-324.
4. Beriault K., Carpentier A.C., Gagnon C. et al. Reproducibility of the 6-minute walk test in obese adults. // Int. J. Sports Med. - 2009. - №7. P. 12-18
5. Borg G.A.V. Psycho-physical bases of perceived exertion. // Med. Sci. Sports Exerc. - 1982. - Vol. 14. - P. 377-381.

6. Buckley J.P., Sim J., Eston R.G. et al. Reliability and validity of measures taken during the Chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise. // Br. J. Sports Med. - 2004. - Vol. 38. - P. 197-205.
7. Cahalin L.P., Mathier M.A., Semigran M.J. et al. The six-minute walk test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure // Chest. - 1996. - Vol. 110. - P. 325-332.
8. Casanova C., Cote C.G., Martin J.M. et al. The 6-min walking distance: long-term follow-up in patients with COPD. // Eur. Respir. J. - 2007. - Vol. 29. - P. 535-540.
9. Celli B.R., Cote C.G., Martin J.M. et al. The body-mass index, airflow obstruction, dyspnea, and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease. // N. Engl. J. Med. - 2004. - Vol. 350. - P. 1005-1012.
10. Ciccona A.M., Meyers B.F., Guthrie T.J. et al. Long-term outcome of bilateral lung volume reduction in 250 consecutive patients with emphysema // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. - 2003. - Vol. 125. - №3. - P. 513-525.
11. Cote C.G., Casanova C., Martin J.M. et al. Validation and comparison of reference equations for the 6-min walk distance test. // Eur. Respir. J. - 2008. - Vol. 31. - P. 571-578.
12. Criner G.J., Cordova F.C., Furukawa S. et al. Prospective randomized trial comparing bilateral lung volume reduction surgery to pulmonary rehabilitation in severe COPD. // Am. J. Respir. Crit. Care Med. - 1999. - Vol. 160. - P. 2018-2027.
13. Delamplé D., Sabate M., Prefaut C., Durand F. Does prior training affects acute O₂ supply responses during exercise in desaturator COPD patients? // The Open Respiratory Medical Journal. - 2008. - Vol. 2. - P. 29-34.
14. Emthér M.I., Arnardottir H.R., Hallin R. et al. Walking distance is a predictor of exacerbations in patients with chronic obstructive pulmonary disease // Respir. Med. - 2007. - Vol. 101. - №5. - P. 1037-1040.
15. Enright P.L., McBurnie M.A., Bittner V. et al. The 6-min walk test. A quick measure of functional status in elderly adults // Chest. - 2003. - Vol. 123. - №2. - P. 387-398.
16. Enright P.L., Sherrill D.L. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults // Am. J. Respir. Crit. Care Med. - 1998. - Vol. 158. - P. 1384-1387.
17. Evans W.V. Plasma theophylline concentrations, six minute walking distances, and breathlessness in patients with chronic airflow obstruction // Brit. Med. J. - 1984. - Vol. 289. - P. 1649-1651.
18. Flaherty K.R., Andrei A.-C., Murray S. et al. Idiopathic pulmonary fibrosis: prognostic value of changes in physiology and six-minute-walk test // Am. J. Respir. Crit. Care Med. - 2006. - Vol. 174. - P. 803-809.
19. Galie N., Manes A., Negro L. et al. A meta-analysis of randomized controlled trials in pulmonary arterial hypertension // Eur. Heart. J. - 2009. - Vol. 30. - P. 394-403.
20. Garrido-Chamorro R.P., Gonzalez-Lorenzo M., Sirvent-Belando J. et al. Desaturation patterns detected by oximetry in a large population of athletes // Res. Q. Exerc. Sport. - 2009. - Vol. 80. - №2. - P. 241-248.
21. Gilbert C., Brown M.C., Cappelleri J.C. et al. Establishing a minimally important difference in 6-minute walk distance and SF-36 among patients with pulmonary artery hypertension // Chest Meeting Abstracts. - 2005. - Vol. 128. - 365p.
22. Goldstein R.S., Todd T.R.J., Guyatt G. et al. Influence of lung volume reduction surgery (LVRS) on health related quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease // Thorax. - 2003. - Vol. 58. - P. 405-410.
23. Hadeli K.O., Siegel E.M., Sherill D.I. et al. Predictors of oxygen desaturation during submaximal exercise in 8,000 patients // Chest. - 2001. - Vol. 120. - P. 88-92.
24. Hamilton D.M., Haennel R.G. Validity and reliability of the 6-minute walk test in a cardiac rehabilitation population // J. Cardiopulm. Rehabil. - 2000. - Vol. 20. - №3. - P. 156-164.
25. Kadikar A., Maurer J., Kesten S. The six-minute walk test: a guide to assessment for lung transplantation // J. Heart Lung Transplant. - 1997. - Vol. 16. - P. 313-319.
26. Lama V.N., Flaherty K.R., Toews G.B. et al. Prognostic value of desaturation during a 6-minute walk test in idiopathic interstitial pneumonia // Am. J. Respir. Crit. Care Med. - 2003. - Vol. 168. - P. 1084-1090.
27. Laskin J.J., Bundy S., Marron H. et al. Using a treadmill for the 6-minute walk test: reliability and validity // J. Cardiopulm. Rehabil. Prev. - 2007. - Vol. 27. - №6. - P. 407-410.
28. Leach R.M., Davidson A.C., Chinn S. et al. Portable liquid oxygen and exercise ability in severe respiratory disability // Thorax. - 1992. - Vol. 47. - P. 781-789.
29. Lederer D.J., Arcasoy S.M., Wilt J.S. et al. Six-minute distance predicts waiting list survival in idiopathic pulmonary fibrosis // Am. J. Respir. Crit. Care Med. - 2006. - Vol. 174. - P. 659-664.
30. Li A.M., Au J.T., So H.K. et al. Standard reference for the six-minute-walk test in healthy children aged 7 to 16 years // Am. J. Respir. Crit. Care Med. - 2007. - Vol. 176. - №2. - P. 174-180.
31. Mador M.J., Bozkanat E., Aggarwal A. et al. Endurance and strength training in patients with COPD // Chest. - 2004. - Vol. 125. - P. 2036-2045.
32. Martinez F.J., Foster G., Curtis J.L. Predictors of mortality in patients with emphysema and severe airflow obstruction // Am. J. Respir. Crit. Care Med. - 2006. - Vol. 173. - P. 1326-1334.
33. Martinu T., Babyak M.A., O'Connell C.F. et al. Baseline 6-min walk distance predicts survival in lung transplant candidates // Am. J. Transplant. - 2008. - Vol. 8. - №7. - P. 1498-1505.
34. Mereles D., Ehlken N., Kreuscher S. et al. Exercise and respiratory training improve exercise capacity and quality of life in patients with severe chronic pulmonary hypertension // Circulation. - 2006. - Vol. 114. - P. 1482-1489.
35. Miyamoto S., Nagaya N., Satoh T. et al. Clinical correlates and prognostic significance of six-minute walk test in patients with primary pulmonary hypertension // Am. J. Respir. Crit. Care Med. - 2000. - Vol. 161. - P. 487-492.

36. Nonoyama M.L., Brooks D., Lacasse Y. et al. Oxygen therapy during exercise training in chronic obstructive pulmonary disease // *Cochrane Database Syst. Rev.* - 2007. - Vol. 18. - №2. - P. 53-72.
37. O'Keeffe S.T., Lye M., Donnellan C., Carmichael D.N. Reproducibility and responsiveness of quality of life assessment and six minute walk test in elderly heart failure patients // *Heart.* - 1998. - Vol. 80. - P. 377-382.
38. Olsson L.G., Swedberg K., Clark A.L. et al. Six minute corridor walk test as an outcome measure for the assessment of treatment in randomized, blinded intervention trials of chronic heart failure: a systematic review // *Eur. Heart J.* - 2005. - Vol. 26. - P. 778-793.
39. Opasich C., Pinna G.D., Mazza A. et al. Six-minute walking performance in patients with moderate-to-severe heart failure. Is it a useful indicator in clinical practice? // *Eur. Heart J.* - 2001. - Vol. 22. - P. 488-496.
40. Paggiaro P.L., Dahle R., Bakran I. et al. Multicentre randomised placebo-controlled trial of inhaled fluticasone propionate in patients with COPD // *Lancet.* - 1998. - Vol. 351. - P. 773-780.
41. Palange P., Forte S., Onorati P. et al. Ventilatory and metabolic adaptations to walking and cycling in patients with COPD // *J. Appl. Physiol.* - 2000. - Vol. 88. - P. 1715-1720.
42. Parsons S., Celermajer D., Savidis E. et al. The effect of inhaled nitric oxide on 6-minute walk distance in patients with pulmonary hypertension // *Chest.* - 1998. - Vol. 114. - P. 70-72.
43. Perez-Penate G.M., Julia-Serda G., Ojeda-Betancort N. Long-term inhaled nitric oxide plus phosphodiesterase 5 inhibitors for severe pulmonary hypertension // *J. Heart Lung Transplant.* - 2008. - Vol. 27. - №12. - P. 1326-1332.
44. Pinto-Plata V.M., Cote C., Cabral H. et al. The 6-min walk distance: change over time and value as a predictor of survival in severe COPD // *Eur. Respir. J.* - 2004. - Vol. 23. - P. 28-33.
45. Puhan M.A., Mador M.J., Held U. et al. Interpretation of treatment changes in 6-minute walk distance in patients with COPD // *Eur. Respir. J.* - 2008. - Vol. 32. - P. 637-643.
46. Rees K., Taylor R.S., Singh S. et al. Exercise based rehabilitation for heart failure // *Cochrane Database Syst. Rev.* - 2004. - Vol. 3. - P. 21-22.
47. Revill S.M., Morgan M.D.L., Singh S.J. et al. The endurance shuttle walk: a new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease // *Thorax.* - 1999. - Vol. 54. - P. 213-222.
48. Revill S.M., Williams J., Sewell L. et al. Within-day repeatability of the endurance shuttle walk test // *Physiother.* - 2009. - Vol. 95. - №2. - P. 140-143.
49. Ries A.L., Bauldoff G.S., Casaburi R. et al. Pulmonary rehabilitation. Joint ACCP/AACVPR evidence-based clinical practice guidelines // *Chest.* - 2007. - Vol. 131. - P. 4-42.
50. Schuurmans M.M., Botha P., Steyn D. et al. Time to spirometric and exercise response in a 4-week oral corticosteroid trial for stable COPD patients // *Swiss Med. Wkly.* - 2005. - Vol. 135. - P. 562-568.
51. Sciruba F., Criner G.J., Lee S.M. et al. Six-minute walk distance in chronic obstructive pulmonary disease. Reproducibility and effect of walking course layout and length // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* - 2003. - Vol. 167. - P. 1522-1527.
52. Singh S.J., Jones P.W., Evans R., Morgan M.D.L. Minimum clinically important improvement for the incremental shuttle walking test // *Thorax.* - 2008. - Vol. 63. - P. 775-777.
53. Singh S.J., Morgan M.D.L., Scott S. et al. Development of a shuttle-walking test of disability in patients with chronic airways obstruction // *Thorax.* - 1992. - Vol. 47. - P. 1019-1024.
54. Stevens D., Elpern E., Sharma K. et al. Comparison of hallway and treadmill six-minute walk tests // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* - 1999. - Vol. 160. - P. 1540-1543.
55. Swerts P.M.J., Mostert R., Wouters E.F.M. Comparison of corridor and treadmill walking in patients with severe chronic obstructive pulmonary diseases // *Phys. Ther.* - 1990. - Vol. 70. - P. 439-442.
56. Swinburn C.R., Wakefield J.M., Jones P.M. Performance, ventilation, and oxygen consumption in three different types of exercise test in patients with chronic obstructive lung disease // *Thorax.* - 1985. - Vol. 40. - P. 581-586.
57. Szekely L.A., Oelberg D.A., Wright C. et al. Preoperative predictors of operative morbidity and mortality in COPD patients undergoing bilateral lung volume reduction surgery // *Chest.* - 1997. - Vol. 111. - P. 550-558.
58. Troosters T., Gosselink R., Decramer M. Six minute walking distance in healthy elderly subjects // *Eur. Respir. J.* - 1999. - Vol. 14. - P. 270-274.
59. Wijkstra P.J., TenVergert E.M., van Altena R. et al. Long term benefits of rehabilitation at home on quality of life and exercise tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease // *Thorax.* - 1995. - Vol. 50. - P. 824-828.
60. Wise R.A., Brown C.D. Minimal clinically important differences in the six-minute walk test and the incremental shuttle walking test // *COPD.* - 2005. - Vol. 2. - №1. - P. 125-129.