

2.2. Внелабораторные нагрузочные тесты в пульмонологии

С.Ю. Чикина

2.2. Non-laboratory stress tests in pulmonology

Svetlana Yu. Chikina

Оценка физического статуса и переносимости физических нагрузок является неотъемлемой частью ведения больного с хроническими бронхолегочными заболеваниями. Ограничение физической активности у таких пациентов, как правило, связано с одышкой и серьезно снижает качество жизни, поэтому улучшение переносимости физических нагрузок, прежде всего повседневных, рассматривается как одна из главных целей лечения хронических бронхолегочных заболеваний.

В отличие от лабораторных нагрузочных тестов, требующих сложной дорогостоящей аппаратуры и специально обученного персонала, внелабораторное тестирование более простое и доступное. Некоторые внелабораторные тесты весьма хорошо изучены, что позволило разработать клинические рекомендации по их применению. Другие испытания не имеют четких стандартов, но, тем не менее, могут использоваться в клинической практике. Некоторые внелабораторные нагрузочные тесты (НТ), например «встать и сесть», «встать и пойти», пешеходный тест, тест с подъемом по лестнице, ранее использовались в других областях медицины, но в последние годы все активнее применяются у пациентов с бронхолегочными заболеваниями.

По скорости выполнения нагрузки (ходьбы или подъема по ступеням) выделяют внелабораторные тесты с произвольной скоростью, которую пациент выбирает и регулирует самостоятельно, и испытания с заданной скоростью, которую предлагает исследователь. Во втором случае скорость ходьбы может непрерывно возрастать в ходе НТ или оставаться неизменной.

Общие принципы внелабораторного нагрузочного тестирования

Во внелабораторных НТ оценивают главным образом способность пациента переносить повседневные физические нагрузки, поскольку ходьба как основа подобных испытаний выполняется ежедневно всеми, кроме наиболее тяжелых больных. Тесты с ходьбой весьма распространены в клинической практике, в частности в пульмонологии, поскольку не представляют сложности для врача и пациента, не несут риска серьезных побочных эффектов для больного и хорошо коррелируют с его клиническим состоянием.

Внелабораторные тесты проводятся в закрытом помещении при комфортной температуре воздуха, тесты с ходьбой — в прямом и ровном закрытом коридоре с нескользким покрытием пола [1].

В настоящее время в мире стандартизованы и используются 3 основных варианта внелабораторных НТ: 6-минутный шаговый тест (6-МШТ), шаттл-тест с возрастающей нагрузкой (ШТВН) и шаттл-тест с постоянной нагрузкой (ШТПН).

Выделяют следующие *основные показания* к внелабораторным НТ:

- 1) одномоментную оценку функционального состояния пациента и степени снижения его физических возможностей;
- 2) оценку эффективности проводимого лечения у больных со среднетяжелыми и тяжелыми заболеваниями бронхолегочной или сердечно-сосудистой систем;
- 3) определение индивидуального прогноза течения заболевания и летальности, в т. ч. перед полостными хирургическими вмешательствами на органах грудной клетки и брюшной полости [2].

Что касается *противопоказаний*, то у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) даже во внелабораторных НТ с произвольной скоростью ходьбы пиковая частота сердечных сокращений (ЧСС) и пиковое потребление кислорода ($\dot{V}O_{2peak}$) могут приблизиться к уровню, достигаемому при максимальном кардиореспираторном нагрузочном тестировании (КРНТ) [3]. Поэтому эксперты Американского торакального и Европейского респираторного обществ (*American Thoracic Society* и *European Respiratory Society* — ATS и ERS) полагают, что противопоказания к внелабораторным тестам не должны отличаться от таковых к проведению КРНТ (табл. 1). При наличии относительных противопоказаний решение о тестировании принимается индивидуально. В протоколе исследования следует указать все сопутствующие заболевания и лекарственные препараты, принятые пациентом перед тестированием [1].

Подготовка пациента

Все условия внелабораторного НТ должны быть максимально приближенными к особенностям

Таблица 1. Противопоказания к внелабораторным нагрузочным тестам (по Holland A.E. et al., 2014 [1])

Абсолютные противопоказания	Относительные противопоказания
Острый инфаркт миокарда (3–5 дней)	Стеноз главной левой коронарной артерии
Нестабильная стенокардия	Стеноз отверстия сердечного клапана средней тяжести
Неконтролируемая аритмия с гемодинамической нестабильностью	Тяжелая неконтролируемая артериальная гипертензия с систолическим давлением 200 мм рт. ст. и диастолическим давлением 120 мм рт. ст. в покое
Синкопальные состояния	Тахи- или брадиаритмии
Активный эндокардит	Атриовентрикулярная блокада высокой степени
Острый миокардит / перикардит	Гипертрофическая кардиомиопатия
Тяжелый клинически значимый аортальный стеноз	Выраженная легочная гипертензия
Декомпенсированная сердечная недостаточность	Беременность поздних сроков или осложненная
Острая тромбоэмболия легочной артерии или инфарктная пневмония	Электролитные нарушения
Острый тромбоз нижних конечностей	Заболевания опорно-двигательного аппарата, затрудняющие ходьбу
Подозрение на расслаивающуюся аневризму аорты	
Неконтролируемая бронхиальная астма	
Отек легких	
Сатурация артериальной крови кислородом в покое при дыхании атмосферным воздухом $\leq 85\%^*$	
Острая дыхательная недостаточность	
Другие острые состояния, которые могут повлиять на переносимость физической нагрузки и прогрессировать после нагрузочного тестирования (например, инфекции, почечная недостаточность, тиреотоксикоз)	
Ментальные нарушения с невозможностью сотрудничества с медперсоналом	

Примечание: * – разрешается тестирование на фоне ингаляции кислорода.

повседневной жизни пациента. Ему следует выбрать одежду и обувь, удобные для ходьбы. Если в повседневной жизни человек нуждается во вспомогательных приспособлениях (трость, роллатор и т. д.), он должен использовать их и во время внелабораторного нагрузочного тестирования, что отражается в протоколе исследования. В течение 2 ч, предшествующих тестированию, не рекомендуются активные физические нагрузки, а непосредственно перед его началом пациент должен побыть в состоянии покоя не менее 15 мин. Если внелабораторный НТ планируется в один день с исследованием функции внешнего дыхания, то сначала проводятся легочные функциональные тесты, а затем тесты с физической нагрузкой [1, 2].

Использование кислорода

Перед НТ сохраняется обычный режим приема лекарств. Это относится и к использованию дополнительного кислорода (O_2). Если пациент получает длительную кислородотерапию (ДКТ), ее режим поддерживается и в день тестирования. Во время проведения теста поток и способ подачи O_2 также остаются неизменными. Исключение составляют ситуации, когда целью НТ является подбор дозы O_2 ,

необходимой для повседневных нагрузок. При повторном НТ также рекомендуется сохранять режим кислородотерапии такими же, как и при предыдущем исследовании; все изменения, связанные с клиническими показаниями, отмечаются в протоколе [1, 2]. Как правило, для НТ пациентов, находящихся на ДКТ, используются портативные источники O_2 (баллоны со сжатым кислородом или портативные концентраторы), которые пациент способен переносить самостоятельно. Теоретически можно использовать и обычные напольные концентраторы O_2 , однако для их передвижения требуются определенные физические усилия, что, скорее всего, будет негативно отражаться на результатах тестирования. Согласно международным рекомендациями по внелабораторным НТ, нежелательно, чтобы при проведении теста медицинский работник помогал пациенту передвигать кислородный концентратор, поскольку это может повлиять на скорость ходьбы испытуемого – побудить его ускорить или замедлить шаг [1].

Показатели и безопасность тестирования

При всех внелабораторных НТ оценивают основные жизненно важные показатели: ЧСС, артериаль-

ное давление (АД), сатурацию артериальной крови кислородом (SpO_2), одышку и усталость по шкале Борга [4] или визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Эти показатели измеряют непосредственно перед началом нагрузки и сразу после ее окончания. Помимо этого, сатурацию мониторируют в течение всего теста, и при снижении $SpO_2 < 80\%$ испытание прекращают. Надежное измерение SpO_2 возможно только при наличии адекватной пульсовой волны, что может быть проблематичным у больных с поражением легких на фоне системной склеродермии или при другой патологии периферических сосудов.

В помещении, где проводится тестирование, необходимо иметь источник O_2 , нитроглицерин для подъязычного применения и короткодействующие бронхолитические препараты в виде дозированного аэрозольного ингалятора или раствора для небулизации с небулайзером. Также потребуются телефон или другие средства связи для возможного вызова реаниматолога. При любом резком ухудшении состояния пациента — при боли в груди, выраженной одышке, судорогах в мышцах нижних конечностей, пошатывании, профузном поте, выраженной бледности или цианозе — нагрузку прекращают досрочно [1, 2]. Другим поводом для досрочного завершения исследования может стать отказ пациента продолжать НТ [1].

Повторное тестирование

В случае 6-МШТ и шаттл-тестов для получения более надежных результатов рекомендуется провести исследование 2 раза с интервалом не менее 30 мин и выбрать лучшее значение. Перед повторным тестированием ЧСС и SpO_2 должны вернуться к первоначальному уровню. Если повторный НТ планируется на другой день, то желательно выполнять его в то же время суток, что и первый, во избежание внутрисуточной вариативности результатов [1].

6-минутный шаговый тест

6-МШТ — внелабораторный нагрузочный тест с ходьбой в произвольном темпе. Основным результатом исследования является расстояние в метрах (6-МР), пройденное пациентом за это время.

Методика проведения

6-МШТ высокочувствителен к изменениям методики выполнения, поэтому рекомендуется четко соблюдать технические требования, разработанные совместно ERS и ATS.

Коридор. Коридор маркируют через каждые 3 м. Начало и конец дистанции отмечают конусами (аналогичными оранжевым дорожным), которые ставят на расстоянии 0,5 м от концов коридора (рис. 1). Стартовая линия отмечается на полу яркой лентой [2]. Рекомендуемая длина коридора должна составлять 15–50 м [1, 5].

Кислород. По данным разных исследователей, использование O_2 во время тестирования увеличи-

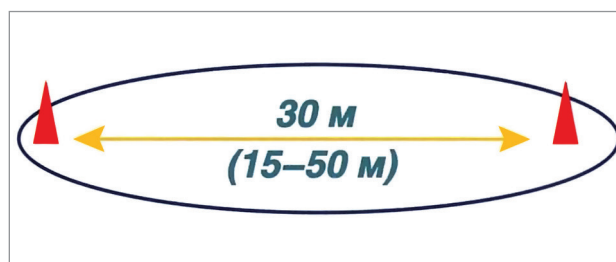


Рис. 1. Условия проведения 6-минутного шагового теста

вает 6-МР на 12–50 м, что зависит от источника кислорода и способа его перемещения (концентратор портативный или напольный, перемещается самим пациентом или медперсоналом, используется тележка, и т. д.) [5].

Прием лекарственных препаратов. Бронходилататоры улучшают результат 6-МШТ в среднем на 6–7 м, что не является клинически значимым [5].

Общение с больным. Перед началом НТ следует подробно объяснить больному его задачу: пройти за 6 мин как можно большее расстояние или ходить в течение 6 мин с возможно большей скоростью. Пациент должен обходить ограничительные конусы, минимально снижая при этом скорость ходьбы. Пациенту разрешается при необходимости замедлить шаг или останавливаться для отдыха [2].

Установлено, что значительное влияние на результат 6-МШТ оказывает словесное общение с пациентом: если во время исследования стимулировать его ускорить темп ходьбы, то пройденное расстояние увеличивается на 41,5–66,5 м [6], что сопоставимо с эффектом некоторых вариантов терапии. В связи с этим во время проведения теста не рекомендуется ни разговаривать с пациентом, ни даже жестикующей заставлять его увеличить темп ходьбы. Навязанное наращивание скорости у больных с сердечно-сосудистой патологией влечет раннюю усталость и создает стресс [2]. Допустимы только стандартные фразы: «Вы всё делаете хорошо. Вам осталось ходить 5 минут», «Продолжайте так же хорошо выполнять задание. Осталось ходить 4 минуты», «Все идет хорошо. Вы уже прошли половину», «Продолжайте так же. Вам осталось ходить всего 2 минуты», «Вы всё делаете правильно. Вам осталось ходить только 1 минуту» [2].

Если пациент во время исследования остановился для отдыха, таймер на это время не выключают. При преждевременном прекращении тестирования в протоколе указывают пройденное расстояние, время и причину досрочного завершения испытания.

За 15 с до истечения времени 6-МШТ пациента предупреждают, чтобы после просьбы остановиться он остановился там, где будет находиться в тот момент. Затем исследователь сам подходит к пациенту и при необходимости подкатывает к нему кресло. Точку остановки отмечают на полу яркой лентой либо другим маркером и затем измеряют пройденное пациентом расстояние.

В целях экономии пространства не рекомендуется использовать тредмил, так как, во-первых, ходьба по моторизированной дорожке может оказаться непривычной для многих пациентов, а во-вторых, тредмил обладает определенной инерцией и не позволяет быстро изменить скорость ходьбы. Это приводит к значительному уменьшению пройденного расстояния по сравнению с тем, что пациент прошел бы за 6 мин по коридору [1]. В-третьих, во время ходьбы по беговой дорожке пациенты, как правило, вынуждены держаться за поручни, что исключает из нагрузки мышцы плечевого пояса [7].

Модификации теста

Использование степпера для 6-МШТ (6-МСТ).

Не во всех медицинских учреждениях есть возможность выделить 30–50-метровый коридор для проведения 6-МШТ. Для оценки физической толерантности пациента в таких условиях предложен 6-МСТ [8]. Степпер ставят около стены так, чтобы пациент при необходимости мог сохранять равновесие, опершись о стену пальцами рук. Высота шага устанавливается на уровне 20 см. Перед началом тестирования пациенту разрешают опробовать степпер в течение 2 мин, чтобы привыкнуть к этому виду физической активности. Во время исследования пациент должен сделать как можно больше шагов за 6 мин, этот показатель является основным результатом теста. Помимо числа шагов измеряют ЧСС и SpO_2 каждую минуту. Результат 6-МСТ хорошо коррелирует с 6-МР [9] и с максимальным потреблением кислорода ($\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$) [10]. Для больных ХОБЛ минимальная клинически значимая разница в результатах 6-МСТ на фоне физической реабилитации составляет 20 шагов [9].

6-МШТ в 10-метровом коридоре. При использовании для 6-МШТ 10-метрового коридора пройденное расстояние сокращается на 49,5 м по сравнению с тестированием в 30-метровом коридоре [11]. Это превышает минимальную клинически значимую разницу для больных с многими бронхолегочными заболеваниями [1]. В связи с этим *E. Beekman et al.* вывели уравнение для расчета должных величин 6-МР при использовании 10-метрового коридора (табл. 2)

Таблица 2. Уравнения для расчета должных величин 6-минутного шагового теста с дистанцией 10 м (по *Beekman E. et al.*, 2014 [12])

Базовое уравнение	
Мужчины	$6\text{-МР} = 1\,266 - (7,80 \times \text{возраст}) - (5,92 \times \text{ИМТ})$
Женщины	$6\text{-МР} = 1\,064 - (5,28 \times \text{возраст}) - (6,55 \times \text{ИМТ})$
Расширенное уравнение	
Мужчины	$6\text{-МР} = 1\,073 - (6,03 \times \text{возраст}) - (5,79 \times \text{ИМТ}) + (1,86 \times \Delta\text{ЧСС})$
Женщины	$6\text{-МР} = 878 - (3,60 \times \text{возраст}) - (6,42 \times \text{ИМТ}) + (1,95 \times \Delta\text{ЧСС})$

Примечание: 6-МР – расстояние в метрах, пройденное в 6-минутном шаговом тесте; $\Delta\text{ЧСС}$ – разница между частотой сердечных сокращений сразу после окончания теста и перед его началом; ИМТ – индекс массы тела.

[12]. В исследовании участвовали 184 добровольца (средний возраст – 63,5 года).

В расширенном уравнении, в отличие от базового, учтена динамика ЧСС во время НТ. Этому показателю придается большое значение, однако в клинической практике следует с осторожностью использовать данный тип расчета, поскольку необходима стандартизованная оценка ЧСС во время 6-МШТ (исходное значение измеряется после 15-минутного пребывания пациента в состоянии покоя, конечное – сразу после окончания ходьбы; в течение 2 ч до исследования не рекомендуется употреблять чай и кофе). Кроме того, расширенное уравнение неприменимо для пациентов, принимающих лекарственные препараты, изменяющие ЧСС, в том числе β -агонисты [12].

6-МШТ с оценкой скорости ходьбы. Из-за одышки пациенты с тяжелыми бронхолегочными заболеваниями не могут ходить без остановки в течение 6 мин. При этом десатурация, которая нередко развивается у таких больных во время нагрузки, быстро исчезает после остановки. *N. Burioka et al.* разработали модифицированный 6-МШТ, результатом которого является не пройденное расстояние, а скорость ходьбы (число шагов в секунду) [13]. Число шагов подсчитывали вручную каждые 5 с тестирования. У больных ХОБЛ средняя скорость была достоверно ниже, чем у здоровых, а у пациентов, вынужденных останавливаться во время НТ, – достоверно ниже, чем у пациентов, ходивших 6 мин без остановки. Авторы полагают, что новый подход к оценке результатов 6-МШТ более точно отражает функциональное состояние пациентов с ХОБЛ. Для уточнения клинического значения данной модификации 6-МШТ требуются дополнительные исследования.

Клиническое значение показателей

Одышка. При ХОБЛ 6-МР коррелирует с выраженностью одышки по шкале Борга (при $r = 0,39 - 0,49$) и с одышкой при повседневных физических нагрузках ($r = 0,54$), а также с качеством жизни пациентов (при r от $-0,69$ до $-0,43$) [5].

Усталость. Субъективное ощущение усталости, как общей, так и мышц нижних конечностей, является важным симптомом при различных бронхолегочных заболеваниях. При ХОБЛ этот симптом связан с выраженностью системного воспаления [5]. Для оценки усталости используют те же шкалы, что и для изучения одышки. Усталость измеряют в начале и в конце тестирования.

ЧСС. Во время 6-МШТ рекомендуется регистрировать ЧСС до и после нагрузки. Удобнее делать это с помощью пульсоксиметра. Также при 6-МШТ можно оценивать максимальную ЧСС, ЧСС через 2 мин после окончания теста (в период восстановления) и урежение ЧСС через 1 или 2 мин после окончания испытания. Так, у больных идиопатическим легочным фиброзом (ИЛФ) скорость урежения ЧСС через 1 мин после завершения 6-МШТ (ЧСС_1)

достоверно прогнозирует летальность. Пороговое значение этого показателя составляет 13 ударов. У больных легочной артериальной гипертензией (ЛАГ) урежение ЧСС на < 16 ударов через 1 мин после завершения 6-МШТ связано с риском клинического ухудшения [5].

Таким образом, ЧСС является обязательным параметром 6-МШТ. Особое внимание следует уделять измерению ЧСС₁, хотя единые пороговые значения этого показателя для разных хронических бронхолегочных заболеваний пока отсутствуют.

Сатурация кислорода. Измерение SpO₂ во время 6-МШТ позволяет выявить десатурацию на фоне физической нагрузки у больных, у которых в состоянии покоя показатели газообмена находятся в норме. Под десатурацией понимают снижение SpO₂ во время 6-МШТ более чем на 4% от исходного значения, или < 90% [5].

В существующих сегодня клинических рекомендациях по 6-МШТ нет однозначного отношения к десатурации на фоне нагрузки. Пороговое значение SpO₂, требующее прекращения тестирования, у разных авторов составляет 90% [5], 85% [14], 83% или снижение от исходного уровня более чем на 10% [15]. Однако, по данным *M.M. Roberts et al.*, артериальная гипоксемия с SpO₂ < 85% во время 6-МШТ развивалась у 44% из 1 136 пациентов, среди которых у 70% была тяжелая или крайне тяжелая ХОБЛ; при этом серьезные нежелательные явления (головокружение, боль в груди, аритмия) развились только у 2,2% испытуемых [16]. Частота серьезных нежелательных явлений не отличалась в группах с десатурацией и без десатурации (3 и 2% соответственно). Ни один пациент не жаловался во время тестирования на резкое усиление одышки [16]. Результаты исследования позволили сделать вывод, что развитие артериальной гипоксемии во время физической нагрузки не сопровождается утяжелением состояния пациента или другими серьезными осложнениями. Таким образом, 6-МШТ является безопасным методом нагрузочного тестирования даже для пациентов с хронической дыхательной недостаточностью.

Десатурация на фоне нагрузки связана с более низкой повседневной физической активностью, более быстрым снижением легочной функции и неблагоприятным прогнозом заболевания [1]. При ХОБЛ десатурация чаще развивается при ходьбе в произвольном темпе (6-МШТ), чем при максимальном НТ на велоэргометре [7, 17].

Десатурация во время 6-МШТ имеет прогностическое значение при ХОБЛ, интерстициальных заболеваниях легких (ИЗЛ), легочной артериальной гипертензии (ЛАГ), системной склеродермии с поражением легких и связана с более тяжелым течением заболевания, более выраженной одышкой при физической нагрузке, дисфункцией скелетной мускулатуры и снижением повседневной физической активности [5]. В настоящее время рекомендуется измерять SpO₂ непрерывно в течение всего

6-МШТ. Это обеспечивает большую безопасность исследования и позволяет точнее определить степень десатурации. Причина в том, что у больных, вынужденных останавливаться в процессе тестирования, SpO₂ может максимально снижаться перед остановкой и быстро восстанавливаться во время отдыха [5].

Помимо обычного измерения SpO₂ разработаны и другие показатели десатурации:

- **Произведение расстояния и сатурации (ПРС)**, измеряемое в м% (результат умножения 6-МР в метрах на минимальную SpO₂). У больных ИЛФ ПРС ≤ 200 м% связано с возрастанием риска летальности в 6,5 раза [18]. У больных саркоидозом ПРС более тесно коррелирует с легочной функцией, одышкой и газообменом, чем 6-МР [19], хотя пока нет данных о прогностическом значении этого показателя при саркоидозе.
- **Площадь десатурации** – площадь между кривой SpO₂, измеряемой каждую минуту 6-МТ, и 100% уровнем сатурации. Чем больше площадь десатурации, тем более выражена десатурация в целом во время 6-МТ [20]. У больных ИЛФ увеличение площади десатурации на 10 единиц сопровождалось повышением риска летального исхода в 1,3 раза [20], однако этот показатель пока не получил широкого распространения.
- **Соотношение расстояния и десатурации** представляет собой комбинацию 6-МР и площади десатурации и тесно связано с тяжестью ИЗЛ [21], хотя точное прогностическое значение этого соотношения пока не изучено.

Таким образом, в последние годы появились новые показатели оценки десатурации при 6-МТ, которые пока изучены преимущественно для ИЗЛ.

Работа в 6-МШТ. Под данным показателем понимается энергия, затрачиваемая пациентом при выполнении 6-МШТ. Работа рассчитывается как произведение 6-МР и веса тела пациента. Этот параметр позволяет лучше, чем 6-МР, оценить величину нагрузки и лучше коррелирует с V'O_{2peak} ($r = 0,67-0,81$ по сравнению с $0,40-0,54$) и показателем диффузионной способности легких по монооксиду углерода (DL_{CO}; $r = 0,60-0,70$ по сравнению с $0,35-0,46$) [5]. Однако для оценки клинического и прогностического значения этого показателя требуются дальнейшие исследования.

Интерпретация результатов

Тренирующий эффект

При повторном проведении 6-МШТ с интервалом от нескольких часов до 10 дней после 1-го тестирования 6-МР увеличивалось у 50–87% пациентов с ХОБЛ в среднем на 26,3 м, у 86% пациентов с ИЗЛ – в среднем на 19,55 м. У больных муковисцидозом улучшение 6-МР при повторном тестировании было менее выраженным – в среднем 4,18 м [5]. Таким образом, тренирующий эффект 6-МШТ может быть достаточно высоким и существенно

влиять на оценку эффективности лечения или функционального состояния больного. В этих ситуациях тестирование проводят дважды и выбирают лучшее значение 6-МР [1].

Должные величины пройденного расстояния

В настоящее время существует несколько уравнений для расчета должных величин 6-МР (табл. 3). Различия, полученных разными авторами, объясняются расовыми и этническими особенностями популяций, участвовавших в исследованиях, и некоторыми расхождениями в методике проведения теста [5].

В связи с большой вариабельностью должных величин, полученных разными авторами, эксперты ATS и ERS рекомендуют по возможности рассчитывать должные величины 6-МР для каждой популяции больных.

Корреляция с показателями кардиореспираторного нагрузочного тестирования

При различных хронических бронхолегочных заболеваниях взаимосвязь 6-МР с пиковым потреблением кислорода ($V'O_{2peak}$), рассчитанным при КРНТ, по данным разных авторов, колеблется от умеренной до сильной ($r = 0,4-0,8$) [5]. Сопоставление $V'O_{2peak}$ и пиковой ЧСС, достигнутых в ходе 6-МШТ и КРНТ у больных ХОБЛ, ИЗЛ и ЛАГ, в большинстве случаев не показало достоверной разницы. Напротив, пиковая продукция углекислого газа ($V'CO_{2peak}$), пиковая вентиляция и отношение респираторного обмена во время 6-МШТ были значительно ниже, чем при КРНТ [5].

Расстояние, пройденное в 6-МШТ, хорошо коррелирует с $V'O_{2max}$, измеренным во время максимального нагрузочного тестирования (при r от 0,59 [22] до 0,78 [23]). J.J. Laskin et al. на основании сопостав-

Таблица 3. Уравнения для расчета должных величин 6-МР (по Singh S.J. et al. [5])

Авторы и год публикации	Пол больных	Уравнения для расчета должных величин 6-МР
Casanova et al., 2011	Мужчины	$361 - (\text{возраст} \times 4) + (\text{рост} \times 2) + (3 \times \text{ЧСС}_{\text{max\%допж.}}) - (\text{вес} \times 1,5)$
	Женщины	$361 - (\text{возраст} \times 4) + (\text{рост} \times 2) + (3 \times \text{ЧСС}_{\text{max\%допж.}}) - (\text{вес} \times 1,5) - 30$
Dourado et al., 2011	Все	$299,296 - (2,728 \times \text{возраст}) - (2,160 \times \text{вес}) + (361,731 \times \text{рост}^*) + (56,386 \times \text{пол}^{**})$
	Все	$109,764 - (1,794 \times \text{возраст}) - (2,383 \times \text{вес}) + (423,110 \times \text{рост}^*) + (2,422 \times \text{сила мышц}^{***})$
Hill et al., 2011	Все	$970,7 + (-5,5 \times \text{возраст}) + (56,3 \times \text{пол}^{**})$
Soares et al., 2011	Все	$511 + (\text{рост}^* \times 0,0066) - (\text{возраст}^2 \times 0,030) - (\text{ИМТ}^2 \times 0,068)$
Osses et al., 2010	Мужчины	$530 - (3,31 \times \text{возраст}) + (2,36 \times \text{рост}) - (1,49 \times \text{вес})$
	Женщины	$457 - (3,46 \times \text{возраст}) + (2,61 \times \text{рост}) - (1,57 \times \text{вес})$
Alameri et al., 2009	Все	$(2,81 \times \text{рост}) + (0,79 \times \text{возраст}) - 28,5$
Ben Saad et al., 2009	Все	$750,50 - (160 \times \text{пол}^{\#}) - (5,14 \times \text{возраст}) - (2,23 \times \text{вес}) + (2,72 \times \text{рост})$
Iwama et al., 2009	Все	$622,461 - (1,846 \times \text{возраст}) + (61,503 \times \text{пол}^{**})$
Jenkins et al., 2009	Мужчины	$867 - (5,71 \times \text{возраст}) + (1,03 \times \text{рост})$
	Женщины	$525 - (2,86 \times \text{возраст}) + (2,71 \times \text{рост}) - (6,22 \times \text{ИМТ})$
Masmoudi et al., 2008	Все	$299,8 - (4,43 \times \text{возраст}) + (342,6 \times \text{рост}^*) - (1,46 \times \text{вес}) + (62,5 \times \text{пол}^{\#})$
Camarri et al., 2006	Все	$64,69 + (3,12 \times \text{рост}) + (2,29 \times \text{ОФВ}_1)$
	Все	$216,90 + (4,12 \times \text{рост}) - (1,75 \times \text{возраст}) - (1,15 \times \text{вес}) - (34,04 \times \text{пол}^{\#})$
Chetta et al., 2006	Все	$518,853 + (1,25 \times \text{рост}) - (2,816 \times \text{возраст}) - (39,07 \times \text{пол}^{\#})$
Poh et al., 2006	Все	$(5,50 \times \text{ЧСС}_{\text{max}} / \text{ЧСС}_{\text{max\%допж.}}) + (6,94 \times \text{рост}) - (4,49 \times \text{возраст}) - (3,51 \times \text{вес}) - 473,27$
Gibbons et al., 2001	Все	$868,8 - (\text{возраст} \times 2,29) - (\text{пол}^{\#} \times 74,7)$
Enright et al., 2003	Мужчины	$510 + (2,2 \times \text{рост}) - (0,93 \times \text{вес}) - (5,3 \times \text{возраст})$
	Женщины	$493 + (2,2 \times \text{рост}) - (0,93 \times \text{вес}) - (5,3 \times \text{возраст})$
Troosters et al., 1999	Все	$218 + (5,14 \times \text{рост}) - (5,32 \times \text{возраст}) - (1,80 \times \text{вес}) + (51,31 \times \text{пол}^{**})$
Enright et al., 1998	Мужчины	$(7,57 \times \text{рост}) - (5,02 \times \text{возраст}) - (1,76 \times \text{вес}) - 309$
	Женщины	$(2,11 \times \text{рост}) - (2,29 \times \text{вес}) - (5,78 \times \text{возраст}) + 667$
	Мужчины	$1,140 - (5,61 \times \text{ИМТ}) - (6,94 \times \text{возраст})$
	Женщины	$1,017 - (6,24 \times \text{ИМТ}) - (5,83 \times \text{возраст})$

Примечание: 6-МР – расстояние, пройденное в 6-минутном шаговом тесте; ИМТ – индекс массы тела; ЧСС – частота сердечных сокращений; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1-ю с; * – рост в метрах; ** – мужской пол = 1, женский = 0; *** – сила мышц кисти, измеренная динамометром; # – мужской пол = 0, женский = 1.

ления результатов 6-МШТ и тестирования на велоэргометре 20 здоровых людей составили уравнение для расчета $\dot{V}O_{2\max}$ по итогам 6-МШТ:

$$\dot{V}O_{2\max} (\text{л/мин}) = -1,732 + (\text{вес в кг} \times 0,049) + [\text{расстояние в м} \times 0,005] + (\text{ЧСС} \times (-0,015)),$$

где ЧСС – число сердечных сокращений в 1 мин [24].

Взаимосвязь пройденного расстояния с клиническими исходами заболевания

У пациентов с ХОБЛ 6-МР коррелирует с объемом форсированного выдоха за 1-ю с ($ОФВ_1$; $r = 0,31-0,70$), а при ИЗЛ – с форсированной жизненной емкостью ($ФЖЕЛ$; $r = 0,10-0,40$) и DL_{CO} ($r = 0,42-0,61$) [5]. При муковисцидозе 6-МР также коррелирует с $ОФВ_1$ ($r = 0,53$) и $ФЖЕЛ$ ($r = 0,62$), у больных ЛАГ – со средним давлением в легочной артерии (при r от $-0,20$ до $-0,62$) [5]. Более короткое 6-МР связано с повышенным риском летальности у пациентов с ХОБЛ, ИЗЛ и ЛАГ [1].

Минимальная клинически значимая разница пройденного расстояния

Минимальная клинически значимая разница 6-МР для взрослых пациентов с хроническими бронхолегочными заболеваниями составляет 30 м (25–33 м) без значимой разницы между заболеваниями [1].

Динамика пройденного расстояния на фоне лечения

При ХОБЛ среднее увеличение 6-МР на фоне лечения, в первую очередь на фоне легочной реабилитации, составляет в среднем 48 м, на фоне терапии обострения ХОБЛ – в среднем 78 м. При лечении ИЗЛ увеличение 6-МР в среднем составляет 39 м, на фоне терапии ЛАГ – 34 м [5].

Взаимосвязь между результатами 6-МШТ и функциональным классом по Нью-Йоркской классификации (NHA). В систематическом обзоре *J. Yarp et al.*, проанализировав 35 клинических исследований, рассчитали, что I функциональному классу (ФК) по NHA соответствует 420 м, пройденные за 6 мин, II ФК – 393 м, III ФК – 325 м и IV ФК – 225 м [25].

Шаттл-тесты

Шаттл-тест – это внелабораторный НТ с ходьбой в заданном темпе. Нагрузка может постепенно нарастать (в случае ШТВН), а может оставаться на одном уровне в течение всего исследования (ШТПН).

Методика проведения

Скорость ходьбы регулируется предварительно записанными звуковыми сигналами. Пациент получает инструкции ходить уверенным шагом с такой скоростью, чтобы к моменту следующего звукового сигнала достичь противоположного конца дистанции.

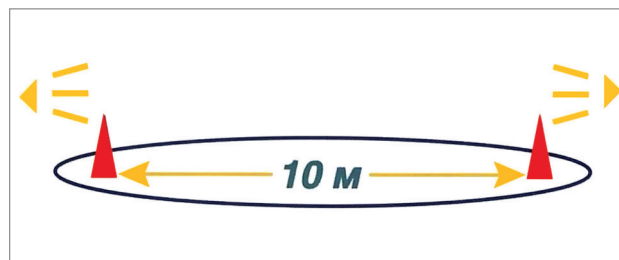


Рис. 2. Условия проведения шаттл-теста

Шаттл-тест проводится на более короткой, чем 6-МШТ, дистанции – 10 м. Ее также ограничивают яркими дорожными конусами, расположенными в 0,5 м от обоих концов, чтобы пациент не сократил расстояние (рис. 2). В начале теста испытуемому дают прослушать подробные инструкции, записанные на звуковой носитель: «Цель теста с возрастающей нагрузкой – пройти как можно больше. Ходить надо вперед и назад по 10-метровой дистанции. Скорость ходьбы будет диктоваться звуковыми сигналами. Вы должны ходить спокойным шагом так, чтобы к следующему звуковому сигналу вы дошли до конца дистанции и успели повернуть вокруг конуса. Поначалу ваша скорость ходьбы будет очень медленной, но она будет возрастать каждую минуту. Каждый одиночный сигнал означает конец круга, каждый тройной сигнал – необходимость увеличения скорости ходьбы. Вы можете остановиться, только если из-за одышки больше не можете продолжать ходить с требуемой скоростью или не успеваете дойти до конца дистанции к моменту очередного сигнала. Нагрузка в этом исследовании нарастает до максимальной. Это означает, что в начале исследования ходить легче, а к концу все труднее. Первый круг вы должны пойти за 20 секунд, поэтому не развивайте сразу большую скорость. Исследование начнется через 15 секунд, поэтому приготовьтесь к старту. Начинайте идти после 4-секундного обратного отсчета и последующего за ним тройного сигнала» [1]. Необходимо убедиться, что пациент понял поставленную перед ним задачу. Тест начинается по тройному сигналу, в этот момент испытуемый начинает идти, а исследователь включает таймер.

Во время теста исследователь должен постоянно держать пациента в поле зрения. Необходима уверенность в том, что испытуемый проходит нужное число кругов на каждом этапе теста, поэтому рекомендуется считать пройденные им круги вручную.

Тест прекращается, когда: 1) пациент сообщает или показывает жеста, что не может далее продолжать ходьбу; 2) исследователь считает, что пациент не может далее продолжать ходьбу из-за ухудшения состояния; 3) исследователь видит, что пациент не успевает поддерживать нужную скорость ходьбы и достигать противоположного конуса к очередному сигналу (находится к моменту звукового сигнала на расстоянии $> 0,5$ м от конуса). В последнем случае исследователь сначала просит испытуемого

ускорить темп, и, если тот не в состоянии сделать это эффективно, исследование прекращают. Также тест прерывают, если SpO_2 снижается до уровня $< 80\%$. Кроме того, он может быть окончен досрочно по инициативе пациента, если тот чувствует, что не может продолжать ходьбу из-за одышки или других патологических симптомов (усталость ног, боль в ногах или спине и т. д.).

Независимо от причины прекращения шаттл-теста, по его окончании исследователь должен подсчитать пройденное пациентом расстояние в метрах [1].

Навязывание скорости ходьбы извне повышает объективность шаттл-теста и улучшает его воспроизводимость по сравнению с 6-МШТ, позволяя стандартизировать величину физической нагрузки. Однако недостатком этого исследования является больший, чем при тестировании с произвольной скоростью ходьбы, риск развития сердечно-сосудистых осложнений, что обуславливает менее широкое распространение [26].

Шаттл-тест с возрастающей нагрузкой

Методика выполнения

Впервые методика ШТВН была описана в 1992 г. Тест предназначался для оценки физических возможностей больных ХОБЛ [26].

Подобно КРНТ, ШТВН состоит из нескольких уровней (табл. 4).

Длительность каждого уровня – 1 мин. Начальная скорость составляет 0,5 м/с и каждую минуту повышается на 0,17 м/с, при этом время между звуковыми сигналами соответственно сокращается. Нагрузка может нарастать плавно (облегченный вариант, при котором тестирование заканчивается на 10-м уровне) [26] либо более активно (модифицированный вари-

ант, рассчитанный на 12 уровней; при этом к концу тестирования скорость ходьбы и суммарная нагрузка будут выше, чем в первом случае). На последнем, 12-м уровне скорость ходьбы составляет 2,37 м/с [27]. Соответственно темпу наращивания нагрузки увеличивается количество кругов, которые пациент должен пройти на каждом уровне. Так, в течение 1-й мин необходимо сделать 3 круга, или 1 круг за 20 с, а на 2-й мин – 4 круга, и т. д. Если пациент достиг конца дистанции раньше, чем прозвучал сигнал, он должен остановиться и продолжать ходьбу только после сигнала. В течение 1-й мин, когда скорость ходьбы самая медленная, исследователь может идти рядом с больным, чтобы помочь ему понять суть теста, но уже со 2-й мин пациент должен ходить самостоятельно. Максимальная продолжительность исследования составляет 10 мин для облегченного варианта и 12 мин для модифицированного варианта [26].

Тренирующий эффект. При повторном проведении ШТВН возможно появление тренирующего эффекта с разницей между результатами 9–25 м (в среднем 20 м). Это достаточно большая разница, которая создает необходимость повторного тестирования, особенно при первичном обследовании пациента [5].

Параметры ШТВН. Основным показателем ШТВН является пройденное расстояние, измеренное с точностью до 10 м (по числу завершенных дистанций). Кроме того, результат теста можно представить как количество кругов и достигнутый уровень. Перед началом и по окончании ШТВН измеряют ЧСС и АД, SpO_2 , оценивают одышку и усталость ног. По результатам теста можно рассчитать $V'O_2$ и максимальную вентиляцию. Десатурация в ШТВН более выражена, чем в 6-МШТ. Как и в 6-МШТ, в ШТВН SpO_2 и ЧСС целесообразно мониторировать непрерывно во время исследования для выявления максимальной десатурации и пиковой ЧСС [5].

Таблица 4. Протокол шаттл-теста с возрастающей нагрузкой (по Singh S.J. et al., 1992 [26])

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

Интерпретация результатов шагового теста с возрастающей нагрузкой

Должные величины

В настоящее время для расчета должных величин ШТВН предложено 3 варианта уравнений, однако их использование в клинической практике ограничено. Причина в том, что они выведены для представителей бразильской популяции — здоровых добровольцев и пациентов с ХОБЛ или кардиологическими заболеваниями. Возможность экстраполяции этих должных величин на другие популяции и другие заболевания неизвестна. Кроме того, должные величины, полученные в этих исследованиях, существенно различаются, что, вероятно, связано с методологической разницей в выполнении шаттл-теста [27].

Минимальная клинически значимая разница для ШТВН у пациентов с ХОБЛ составляет 47,5 м [5]. Данные для других заболеваний отсутствуют.

Динамика на фоне лечения

Динамика результата ШТВН на фоне разных видов терапии изучалась всего в нескольких исследованиях с участием только больных ХОБЛ. В целом пройденное расстояние увеличивалось на фоне терапии бронхолитическими препаратами на 13,2 м, кислородотерапии — на 33,2 м, физической реабилитации — на 64,35 м [5].

Взаимосвязь с клиническими исходами заболевания

Согласно данным литературы, ШТВН является надежным показателем физического состояния больных ХОБЛ. Результат теста достоверно прогнозирует выживаемость и риск повторных госпитализаций у пациентов с ХОБЛ [5]. Пороговым значением ШТВН, связанным с повышением риска летальности (в 2,8 раза), является 170 м, однако этот результат был получен в единственном исследовании [28].

Корреляция с показателями кардиореспираторного нагрузочного тестирования

$V'O_{2peak}$, пиковая величина работы и расстояние, пройденное в ШТВН, тесно коррелируют с показателями максимальной нагрузки в КРНТ ($r = 0,75–0,88$), при этом $V'O_2$ одинаково для обоих тестов. По данным некоторых авторов, оба вида испытаний вызывают одинаковую кардиореспираторную реакцию на физическую нагрузку. Таким образом, ШТВН позволяет с высокой надежностью оценить физические возможности пациентов с ХОБЛ при такой же кардиореспираторной реакции, что и КРНТ. Другие физиологические показатели (максимальная продукция углекислого газа, максимальная легочная вентиляция) при ШТВН ниже, чем при КРНТ [1,5].

Безопасность

В литературе отсутствуют сообщения об осложнениях во время ШТВН [5].

Таким образом, навязывание скорости ходьбы извне повышает объективность ШТВН и улучшает его воспроизводимость, по сравнению с 6-МШТ и другими тестами с ходьбой с произвольной скоростью, и позволяет стандартизировать величину физической нагрузки у разных пациентов и при повторных исследованиях у одного и того же пациента [26].

Шаттл-тест с постоянной нагрузкой

При проведении ШТПН, в отличие от 6-МШТ и ШТВН, оценивают не переносимость физической нагрузки, а выносливость. В этом варианте шаттл-теста, как и в предыдущем, скорость ходьбы задается извне звуковым сигналом, но частота его остается неизменной на протяжении всего исследования.

Методика проведения

ШТПН является производным от теста с возрастающей нагрузкой, поэтому основные принципы его выполнения те же, что и для ШТВН. Пациент должен ходить по 10-метровой дистанции, поворачивая вокруг конусов по сигналу, который повторяется через одинаковые интервалы времени. Скорость ходьбы рассчитывается заранее и должна составлять 85% от скорости, достигнутой пациентом в предварительном проведенном ШТВН ($V'O_{2peak} – 70–85\%$ от уровня, достигнутого в ШТВН) [5]. Перед тестированием пациента инструктируют ходить максимально долго с одинаковой скоростью.

ШТПН начинается с «разогрева» длительностью около 1,5 мин, когда испытуемый ходит с более низкой скоростью для «привыкания» к дистанции. Затем скорость повышается до рассчитанной и не меняется до конца исследования. Момент повышения скорости, как и в ШТВН, определяется звуковым сигналом. Таймер включают только по окончании периода «разогрева». Завершение ШТПН определяется теми же условиями, что и ШТВН. Максимальная продолжительность теста — 20 мин [1, 29].

Общение с пациентом. В литературе отсутствуют данные о влиянии словесного общения с пациентом на результат ШТПН, тем не менее рекомендуется ограничить общение одной фразой: «Вам надо увеличить скорость ходьбы» [1].

Повторное тестирование. При необходимости возможно выполнение повторного ШТПН с интервалом 40 мин; выбирают лучший из полученных результатов [29]. Однако если ШТПН и предшествующий ему ШТВН проводятся в один день, повторное тестирование необязательно [30].

Оценка результатов

Обычно результатом ШТПН становится время, в течение которого пациент подвергался заданной физической нагрузке, но иногда итоги оценивают в метрах [5].

Должные величины для ШТПН в настоящее время отсутствуют.

Динамика результатов на фоне лечения. Ингаляция O_2 во время тестирования увеличивает результат ШТПН на 275 м в среднем, однако эффект зависит от того, кто перемещает источник кислорода – сам пациент или идущий рядом врач [5]. Эти результаты получены в единичных исследованиях и потому недостаточно надежны.

Минимальная клинически значимая разница для ШТПН составляет 65 сек, или 85 м, но она получена только для больных ХОБЛ, получающих бронхолитические препараты [5].

Взаимосвязь с клиническими исходами заболевания

В настоящее время нет данных о прогностическом значении ШТПН и сопоставимости его результатов с другими нагрузочными тестами, включая КРНТ.

Нагрузка в ШТПН очевидно высокая, но она стабильна и соответствует проанализированным ранее физическим возможностям пациента. Данный тест также представляет собой компромисс между интенсивностью и продолжительностью нагрузки, поскольку его окончание не программируется заранее. Этот момент стоит рассматривать как недостаток, потому что испытание 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 здоровыми людьми потребуются слишком большая скорость ходьбы и длительное время исследования. Другим недостатком ШТПН является необходимость предварительного тестирования с возрастающей нагрузкой для расчета субмаксимальной скорости ходьбы.

Степ-тест

Степ-тест используется с 1940-х гг. В последующие десятилетия он показал информативность в исследовании физической толерантности, риска послеоперационных осложнений, а также в оценке гипоксемии, индуцированной нагрузкой, при различных заболеваниях. Это один из множества тестов, предназначенных для безопасной и удобной в практическом отношении оценки аэробного порога [31].

Преимущества степ-теста – необходимый минимум пространства и оборудования. Метаболические затраты во время проведения эквивалентны другим внелaborаторным исследованиям физической толерантности при бронхолегочных заболеваниях [32] и уровню повседневной активности, поэтому степ-тест можно применять у большинства пациентов.

Для выполнения требуются ступенька, пульсоксиметр, звуковоспроизводящее устройство и шкала для оценки состояния пациента.

Существует множество модификаций данного испытания: степ-тест Данди, степ-тест Королевского колледжа, Гарвардский степ-тест и др., которые отличаются друг от друга высотой ступеньки, заданной извне, либо произвольной скоростью подъема на ступеньку и длительностью исследования.

В разных степ-тестах высота ступеньки составляет от 17,5 до 41,3 см, частота шагов – от 30 до 15 в минуту, что зависит от возраста пациента, уровня его тренированности и физической активности. Иногда частоту подъемов на ступеньку регулирует сам пациент. Ступеньки могут быть оборудованы поручнями. Тест продолжается 2–10 мин, но иногда не имеет строгих временных пределов и определяется самочувствием испытуемого, однако меньшая продолжительность тестирования снижает его чувствительность.

$\dot{V}O_{2max}$, рассчитанное по итогам степ-теста, тесно коррелирует с таким же показателем, рассчитанным при КРНТ [31], однако, по данным некоторых авторов, существенно – на 10–15% – может превышать последний [32].

Степ-тест может проводиться в 2 режимах: с постоянной либо с возрастающей нагрузкой.

Степ-тест Честера

Тест разработан в 1995 г. для оценки аэробной емкости и максимальной аэробной мощности пожарных. Высота ступеньки составляла 15, 20, 25 или 30 см и не менялась в течение исследования [31].

Степ-тест Честера состоит из 5 этапов, на каждом из которых увеличивается частота подъема. $\dot{V}O_{2max}$ рассчитывается с учетом выбранной высоты ступеньки (табл. 5).

Тест продолжается 10 мин (5 этапов по 2 мин). Скорость регулируется звуковым сигналом начинающая с 15 шагов в 1 мин и увеличивается на 5 шагов

Таблица 5. Расчет максимального потребления кислорода в степ-тесте Честера (по Buckley J.P. et al., 2004 [31])

Стадия теста	I	II	III	IV	V
Частота шагов	15	20	25	30	35
Высота ступеньки:	$\dot{V}O_{2max}$, 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

Примечание: $\dot{V}O_{2max}$ – максимальное потребление кислорода.

каждые 2 мин (15, 20, 25, 30 и 35 шагов в 1 мин для каждого из 5 этапов соответственно). На каждом этапе тестирования измеряют ЧСС, рассчитывают максимальную ЧСС соответственно возрасту пациента и VO_{2max} , оценивают в баллах самочувствие пациента. 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 в каждом конкретном случае. Лучше «занизить» ступеньку, чтобы пациент мог безопасно для здоровья пройти больше стадий и, следовательно, достичь максимально возможной для себя нагрузки. Тест прекращается, когда пациент достигает субмаксимальной ЧСС, равной 80% от соответствующего возрасту максимального значения, либо при оценке физического усилия в 14 баллов по 20-балльной шкале Борга [4]. Таким образом, степ-тест Честера с возрастающей нагрузкой, как и другие модификации данного вида испытаний, позволяют достичь только субмаксимальной нагрузки. По его результатам можно рассчитать VO_{2max} для оценки аэробной мощности пациента и подобрать для него тренирующий режим физической нагрузки.

Недостатком всех степ-тестов является непривычность такого вида нагрузки для многих пациентов, особенно с патологией опорно-двигательного аппарата, что может снизить результаты, а также отсутствие стандартизации параметров теста (высоты ступеньки, длительности исследования, скорости подъема на ступеньку, причин прекращения теста и т. д.).

Другие внелабораторные нагрузочные тесты

Основной целью разработки новых НТ является минимизация требуемого пространства, оборудования и затрат времени на исследование, что позволит расширить возможности применения теста.

Пешеходный тест

Пешеходный тест (англ. *gait speed test*) представляет собой ходьбу обычным, комфортным для пациента шагом на расстояние 4 м. Исследование проводится в коридоре с ровным нескользким покрытием, как и в 6-МШТ. Результатом является скорость ходьбы, которую рассчитывают по времени, затраченному для преодоления 4 м [33]. Тестирование повторяют дважды без перерыва на отдых, для анализа выбирают результат с наименьшими затратами времени, т. е. с более высокой скоростью ходьбы.

Существуют несколько вариантов пешеходного теста. Некоторые исследователи используют 8-метровую дистанцию вместо 4-метровой, а пациента просят ходить не с обычной, а с максимальной скоростью. При этом первые 2 м пациент идет, постепенно ускоряя шаг, последующие 4 м — максимально быстро, а на последних 2 м скорость ходьбы постепенно замедляется. Результатом становится скорость ходьбы, рассчитанная для среднего отрезка дистанции, т. е. для 4 м, пройденных максималь-

но быстро. В других исследованиях использовали разные способы подсчета времени (секундомер или автоматический таймер), разные инструкции для пациента и т. д. [34]. Таким образом, не существует единой, стандартизованной методики выполнения, что затрудняет интерпретацию результатов. В то же время показано, что это надежный и воспроизводимый тест для больных ХОБЛ, результаты которого хорошо коррелируют с 6-МР [33], результатами ШТВН, оценкой одышки по шкале модифицированного вопросника Британского медицинского исследовательского совета (mMRC) и оценкой качества жизни [34]. У больных ХОБЛ пешеходный тест может заменить 6-МШТ.

Тест «встать и пойти»

Первоначально тест «встать и пойти» (англ. *timed up and go*) был разработан для оценки риска падений у пожилых лиц [35]. От пациента требуется встать со стула, пройти 3 м по ровному коридору, затем вернуться обратно и снова сесть на стул. Результатом является время, затраченное на эти действия. Протоколы теста «встать и пойти», описанные в литературе, различаются расстоянием (3,0 или 2,5 м) и необходимой скоростью ходьбы (спокойной или быстрой) [34]. Пока отсутствует сопоставление результатов данного испытания с другими методами оценки физической толерантности при ХОБЛ либо других бронхолегочных заболеваниях.

Тест «встать и сесть»

Первоначально тест «встать и сесть» (англ. *sit to stand*) разработан для оценки функции мышц нижних конечностей. Пациента просят вставать с кресла и садиться обратно непрерывно в течение определенного времени. Протокол значительно варьируется у разных авторов. Так, в разных исследованиях использовалась разная высота кресла (от 40 до 48 см), разная длительность теста (30 с, 1 мин, 2 мин, 3 мин), разные конечные показатели (число вставаний и присаживаний за определенное время либо время, затраченное на определенное число вставаний и присаживаний) [34]. В одном исследовании физической реабилитации больных ХОБЛ рассчитана минимальная клинически значимая разница в результатах теста, которая составила 1,7 с [36].

Тест с подъемом по лестнице

Тест с подъемом по лестнице (англ. *stair climbing test*) используется для прогнозирования риска послеоперационных осложнений серьезных торакальных хирургических операций (пульмонэктомии, резекции легкого). Пациент поднимается по маршам обычной лестницы. Методика проведения различается у разных исследователей. Так, высота ступеней лестницы в разных зданиях колеблется от 16,5 до 18,5 см, число ступеней в одном лестничном марше — от 9 до 12. Различаются и задачи, которые исследователь ставит перед пациентом: одни авторы

просят подниматься по лестнице в обычном темпе, другие — максимально быстро, третьи — как можно выше. Окончание теста также определяется по-разному: либо с появлением одышки, боли в груди, усталости и других патологических симптомов, либо при остановке пациента более чем на 3 с; в некоторых исследованиях пациент сам определяет момент завершения. Во время тестирования исследователи нередко побуждают пациента увеличить нагрузку (подняться по ступенькам выше). Результатом является либо время, затраченное на подъем (обычно на 5–6 маршей), либо число ступеней (шагов), сделанное пациентом до окончания испытания [37–45]. Предпочтительно, чтобы результат выражался в метрах, а не в числе ступеней или лестничных маршей, учитывая их разную высоту в зависимости от здания; такой конечный показатель позволит сравнивать результаты различных исследований [46].

Данное испытание создает субмаксимальную нагрузку постоянной величины, однако его результаты (как время подъема по лестнице, так и расстояние, которое преодолел пациент) хорошо коррелируют с $\dot{V}O_{2\max}$ [45, 46], причем скорость подъема теснее коррелирует с $\dot{V}O_{2\max}$, чем высота, которой достиг больной [37].

G.N. Olsen et al. вывели уравнение расчета $\dot{V}O_{2\max}$ по результатам теста с подъемом по лестнице [41]:

$$\dot{V}O_{2\max} \text{ (мл / мин)} = 5,8 \times \text{вес тела в кг} + 151 + (10,1 \times \text{работа в Вт}).$$

В свою очередь, работа в тесте с подъемом по лестнице вычисляется в Вт по формуле:

$$(0,174 \times \text{число шагов в 1 мин} \times \text{вес тела в кг}) \times 0,1635.$$

Тест с подъемом по лестнице может быть полезен для прогноза послеоперационной летальности и риска послеоперационных осложнений после резекции легкого или пульмонэктомии. Так, подъем на 44 ступеньки, или 7,5 м, имел положительное прогностическое значение 91% и отрицательное прогностическое значение 80% для 90-дневной летальности [39]. В другом исследовании подъем на 12 м соответствовал 2-кратному возрастанию внутрибольничной послеоперационной летальности [42]. Риск послеоперационных осложнений также повышался при неспособности больного подняться по лестнице высотой 12 м за 37,5 с (положительное прогностическое значение — 60%, отрицательное прогностическое значение — 78,3%) [38], или на 2 лестничных марша (положительное прогностическое значение — 80%, чувствительность — 38%) [40], или на 3 лестничных марша, т. е. 13 м [41].

Прогностическое значение имеет и десатурация > 4%, развивающаяся во время подъема по лестнице; при этом риск внутрибольничных послеоперационных летальности и осложнений повышается в 2 раза.

Десатурация > 4% от исходного уровня имеет более точное прогностическое значение, чем простое снижение $SpO_2 < 90\%$ [43].

Тест с подъемом по лестнице достаточно безопасен даже у пациентов старше 60 лет, имеющих сопутствующие сердечно-сосудистые заболевания [42].

Его преимущества заключаются в простоте, экономичности и доступности, минимуме необходимого оборудования и пространства. Существует мнение, что такое испытание создает большую нагрузку, чем КРНТ, поскольку задействует больше скелетных мышц. Кроме того, при подъеме по лестнице у пациента всегда есть визуальная цель — лестничная площадка следующего этажа, и это может повышать мотивацию при выполнении данного теста [46]. Основным недостатком теста с подъемом по лестнице является отсутствие его стандартизации.

Заключение

В настоящее время в клинической практике существует 3 стандартизованных внелабораторных нагрузочных теста: 6-МШТ, ШТВН и ШТПН. Все они безопасны и применимы для большинства пациентов с хроническими бронхолегочными заболеваниями.

Внелабораторные нагрузочные тесты применяются в клинической практике для оценки физических возможностей пациента (пиковой переносимости физической нагрузки или выносливости), выявления факторов, ограничивающих физическую толерантность (одышка, усталость, мышечно-скелетные ограничения), и оценки эффективности лечения. Некоторые внелабораторные нагрузочные тесты, в первую очередь 6-МШТ, могут использоваться для прогнозирования исходов и течения заболевания (летальности, риска повторных госпитализаций). Кроме того, результаты внелабораторных нагрузочных тестов полезны для подбора интенсивности тренировок в программах физической реабилитации.

6-МШТ надежно отражает эффективность терапии большинства хронических бронхолегочных заболеваний. Физическая реабилитация в большей степени влияет на улучшение 6-МР, чем лекарственная терапия.

И 6-МШТ, и шаттл-тесты позволяют достичь уровня потребления кислорода, близкого к максимальному уровню в КРНТ, однако по физиологической реакции на нагрузку именно ШТВН в большей степени приближен к КРНТ в силу регулируемой извне скорости ходьбы, в отличие от произвольной скорости в 6-МШТ. Показатели, получаемые в ходе внелабораторных нагрузочных тестов, тесно коррелируют с клинически значимыми показателями КРНТ, что свидетельствует об объективности этих исследований и достоверности получаемых результатов.

Литература

1. Holland A.E., Spruit M.A., Troosters T. et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests

- in chronic respiratory disease. *Eur. Respir. J.* 2014; V. 44. N. 6. 1428-1446. doi: 10.1183/09031936.00150314.
2. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2002; 166(1): 111-117. doi: 10.1164/rccm.166/1/111.
3. Casas A, Vilaro J, Rabinovich R. et al Encouraged 6-min walking test indicates maximum sustainable exercise in COPD patients. *Chest* 2005; 128(1): 55-61. doi: 10.1378/chest.128.1.55.
4. Borg G.A.V. Psycho-physical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1982; 14: 377-381.
5. Singh S.J., Puhan M.A., Andrianopoulos V. et al. An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur. Respir. J.* 2014; 44(6): 1447-1478. doi: 10.1183/09031936.00150414.
6. Weir N.A., Brown A.W., Shlobin O.A. et al. The influence of alternative instruction on the six minute walk test distance. *Chest* 2013; 144(6): 1900-1905. doi: 10.1378/chest.13-0287.
7. Palange P., Forte S., Onorati P. et al. Ventilatory and metabolic adaptations to walking and cycling in patients with COPD. *J. Appl. Physiol.* 2000; 88: 1715-20. doi: 10.1152/jappl.2000.88.5.1715.
8. Borel B., Fabre C., Saison S. et al. An original field evaluation test for chronic obstructive pulmonary disease population: the six-minute stepper test. *Clin. Rehabil.* 2010; 24(1): 82-93. doi: 10.1177/0269215509343848.
9. Pichon R., Couturaud F., Mialon P. et al. Responsiveness and minimally important difference of the 6-minute stepper test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration* 2016; 91(5): 367-73. doi: 10.1159/000446517.
10. Grosbois J.M., Riquier C., Chehere B. et al. Six-minute stepper test: a valid clinical exercise tolerance test for COPD patients. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2016; 29(11): 657-663. DOI: 10.2147/COPD.S98635
11. Beekman E., Mesters I., Hendriks E.J. et al. Course length of 30 metres versus 10 metres has a significant influence on six-minute walk distance in patients with COPD: an experimental crossover study. *J. Physiother.* 2013; 59(3): 169-176. doi: 10.1016/S1836-9553(13)70181-4.
12. Beekman E., Mesters I., Gosselink R. et al. The first reference equations for the 6-minute walk distance over a 10 m course. *Thorax* 2014; 69(9): 867-868.
13. Burioka N., Imada A., Kiyohiro A. et al. Modified six-minute walk test: number of steps per second. *Yonago Acta Med.* 2014; 57(1): 61-63.
14. Alison J. et al. The Pulmonary Rehabilitation Toolkit on behalf of The Australian Lung Foundation (2009). <http://www.pulmonaryrehab.com.au/index.asp?page=19>
15. American Association for Respiratory Care. AARC clinical practice guideline. Exercise testing for evaluation of hypoxemia and/or desaturation. *Respir Care* 2001; 46(5): 514-522.
16. Roberts M.M., Cho J.G., Sandoz J.S., Wheatley J.R. Oxygen desaturation and adverse events during 6-min walk testing in patients with COPD. *Respirology* 2015; 20(3): 419-425. doi: 10.1111/resp.12471.
17. Poulain M., Durand F., Palomba B. et al. 6-minute walk testing is more sensitive than maximal incremental cycle testing for detecting oxygen desaturation in patients with COPD. *Chest* 2003; 123(5): 1401-1407. doi: 10.1378/chest.123.5.1401.
18. Lettieri C.J., Nathan S.D., Browning R.F. et al. The distance-saturation product predicts mortality in idiopathic pulmonary fibrosis. *Respir. Med.* 2006; 100(10): 1734-1741. doi: 10.1016/j.rmed.2006.02.004.
19. Alhamad E.H., Shaik S.A., Idrees M.M. et al. Outcome measures of the 6 minute walk test: relationships with physiologic and computed tomography findings in patients with sarcoidosis. *BMC Pulm. Med.* 2010; 10: 42. doi: 10.1186/1471-2466-10-42.
20. 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; 174(7): 803-809. doi: 10.1164/rccm.200604-488OC.
21. Pimenta S.P., Rocha R.B., Baldi B.G. et al. Desaturation – distance ratio: a new concept for a functional assessment of interstitial lung diseases. *Clinics (Sao Paulo)* 2010; 65(9): 841-846. doi: 10.1590/s1807-59322010000900005.
22. 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; 22: 488-496. doi: 10.1053/uhj.2000.2310.
23. 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; 110: 325-332. doi: 10.1378/chest.110.2.325.
24. 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; 27(6): 407-410. doi: 10.1097/01.HCR.0000300270.45881.d0.
25. Yap J., Lim F.Y., Gao F. et al. Correlation of the New York Heart Association classification and the 6-minute walk distance: a systematic review. *Clin. Cardiol.* 2015; 38(10): 621-628. doi: 10.1002/clc.22468.
26. 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; 47: 1019-1024. doi: 10.1136/thx.47.12.1019.
27. Parreira V.F., Janaudis-Ferreira T., Evans R.A. et al. Measurement properties of the incremental shuttle walk test. A systematic review. *Chest* 2014; 145(6): 1357-69. doi: 10.1378/chest.13-2071.
28. Ringbaek T., Martinez G., Brøndum E. et al. Shuttle walking test as predictor of survival in chronic obstructive pulmonary disease patients enrolled in a rehabilitation program. *J. Cardiopulm. Rehabil. Prev.* 2010; 30(6): 409-314. doi: 10.1097/HCR.0b013e3181e1736b.

29. Revall 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; 54: 213-222. doi: 10.1136/thx.54.3.213.
30. Revall S.M., Williams J., Sewell L. et al. Within-day repeatability of the endurance shuttle walk test. *Physiother.* 2009; 95(2):140-143. doi: 10.1016/j.physio.2009.02.001.
31. 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; 38: 197-205. doi: 10.1136/bjism.2003.005389.
32. 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; 40: 581-586. doi: 10.1136/thx.40.8.581.
33. DePew Z.S., Karpman C., Novotny P.J., Benzo R.P. Correlations between gait speed, 6-minute walk distance, physical activity, and self-efficacy in patients with severe chronic lung disease. *Respir. Care* 2013; 58(12): 2113-2119. doi: 10.4187/respcare.02471.
34. Bisca G.W., Morita A.A., Hernandez N.A. et al. Simple lower limb functional tests in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2015; 96(12): 2221-2230. doi: 10.1016/j.apmr.2015.07.017.
35. Barry E., Galvin R., Keogh C. et al. Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. // *BMC Geriatr.* 2014; 14: 14. doi: 10.1186/1471-2318-14-14.
36. Jones S.E., Kon S.S., Canavan J.L. et al. The five-repetition sit-to-stand test as a functional outcome measure in COPD. *Thorax* 2013; 68(11): 1015-1020. doi: 10.1136/thoraxjnl-2013-203576.
37. Bernasconi M., Koegelenberg C.F., von Groote-Bidlingmaier F. et al. Speed of ascent during stair climbing identifies operable lung resection candidates. *Respiration* 2012; 84(2): 117-122. doi: 10.1159/000337258.
38. Ambrozin A.R., Cataneo D.C., Arruda K.A., Cataneo A.J. Time in the stair-climbing test as a predictor of thoracotomy postoperative complications. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 145(4): 1093-1097. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.09.001.
39. Holden D.A., Rice T.W., Stelmach K., Meeker D.P. Exercise testing, 6-min walk, and stair climb in the evaluation of patients at high risk for pulmonary resection. *Chest* 1992; 102(6): 1774-1779. doi: 10.1378/chest.102.6.1774.
40. Girish M., Trayner E. Jr., Dammann O. et al. Symptom-limited stair climbing as a predictor of postoperative cardiopulmonary complications after high-risk surgery. *Chest* 2001; 120(4): 1147-1151. doi: 10.1378/chest.120.4.1147.
41. Olsen G.N., Bolton J.W., Weiman D.S., Hornung C.A. Stair climbing as an exercise test to predict the postoperative complications of lung resection. Two years' experience. *Chest* 1991; 99(3): 587-590. doi: 10.1378/chest.99.3.587.
42. Brunelli A., Refai M., Xiumé F. et al. Performance at symptom-limited stair-climbing test is associated with increased cardiopulmonary complications, mortality, and costs after major lung resection. *Ann. Thorac. Surg.* 2008; 86(1): 240-247. doi: 10.1016/j.athoracsur.2008.03.025.
43. Brunelli A., Refai M., Xiumé F. et al. Oxygen desaturation during maximal stair-climbing test and postoperative complications after major lung resections. // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2008; 33(1): 77-82. doi: 10.1016/j.ejcts.2007.09.028.
44. Cataneo D.C., Kobayasi S., Carvalho L.R. et al. Accuracy of six minute walk test, stair test and spirometry using maximal oxygen uptake as gold standard. *Acta Cir. Bras.* 2010; 25(2): 194-200. doi: 10.1590/s0102-86502010000200013.
45. Cataneo D.C., Cataneo A.J. Accuracy of the stair climbing test using maximal oxygen uptake as the gold standard. *J. Bras. Pneumol.* 2007; 33(2): 128-133. doi: 10.1590/s1806-37132007000200005.
46. Brunelli A., Pompili C., Salati M. Low-technology exercise test in the preoperative evaluation of lung resection candidates. // *Monaldi Arch. Chest Dis.* 2010. V. 73. N. 2. P. 72-78. doi: 10.4081/monaldi.2010.301.

Информация об авторе

Чикина Светлана Юрьевна – к. м. н., доцент кафедры пульмонологии Института клинической медицины им. Н. В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения РФ; тел.: (495) 662-99-24; e-mail: svch@list.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5536-9388>)