

Внелабораторные нагрузочные тесты

С.Ю. Чикина¹, К.С. Атаман²

ФГАОУ ВО “Первый МГМУ им. И.М. Сеченова” МЗ РФ (Сеченовский университет)

¹ К.м.н., ассистент кафедры пульмонологии

² Студент 5-го курса

Толерантность к физической нагрузке — это клинико-функциональный показатель, отражающий степень физической тренированности или детренированности в условиях проведения нагрузочных тестов. Данные тесты нашли широкое применение в пульмонологии, поскольку позволяют выявить снижение физической толерантности, проявляющееся в виде артериальной гипоксемии и нарастающей одышки, которые характерны для хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), интерстициальных заболеваний легких (ИЗЛ) и др. Наряду с пульмонологической практикой нагрузочные тесты используют в кардиологии при диагностике ишемической болезни сердца, хронической сердечной недостаточности, а также в хирургии для оценки риска послеоперационных осложнений. Внелабораторные нагрузочные тесты применяют с целью оценки функционального статуса, эффективности проводимой терапии, легочной реабилитации, для прогнозирования исхода и течения заболевания. Целью данной статьи является ознакомление практических врачей не только с наиболее распространенными, но и с новыми внелабораторными нагрузочными тестами, применяемыми в пульмонологии.

Нагрузочные тесты подразделяются на лабораторные, к которым относятся кардиореспираторные нагрузочные тесты (тредмил, велоэргометрия), и внелабораторные, являющиеся методом первичной диагностики снижения толерантности к физическим нагрузкам. Традиционно к ним относят тест с 6-минутной ходьбой (6-МТ) и шаттл-тесты, но в последнее время появились альтернативные методы тестирования, в частности тест “встать и сесть” (“sit-to-stand”), “пешеходный” тест (gait speed test), тест “встать и пойти” (“timed up and go”), тест с подъемом по лестнице (stair climbing test) и др. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с 6-МТ, но при этом далеко не все стандартизованы и валидизированы.

Лабораторные нагрузочные тесты имеют более высокую чувствительность и специфичность, чем внелабораторные, но при этом являются более дорогостоящими и требуют наличия подготовленного специалиста и необходимого оборудования (велоэргометр). Таким образом, внелабораторные тесты более целесообразны с экономической точки зрения, что обуславливает их актуальность.

Среди показаний к проведению внелабораторных нагрузочных тестов

наиболее значимым является оценка функционального статуса у больных с кардиальной (сердечная недостаточность) и респираторной патологией (ХОБЛ, ИЗЛ, легочная гипертензия, муковисцидоз), а также перед планируемой резекцией или трансплантацией легких.

Внелабораторные нагрузочные тесты используют для оценки функционального статуса, эффективности проводимой терапии, легочной реабилитации, для прогнозирования исхода и течения заболеваний органов дыхания.

К абсолютным противопоказаниям относятся нестабильная стенокардия и инфаркт миокарда в течение предыдущего месяца, неконтролируемая аритмия с нестабильной гемодинамикой, декомпенсированная сердечная недостаточность, насыщение артериальной крови кислородом (SpO_2) в покое $\leq 85\%$, неконтролируемая бронхиальная астма и другие острые состояния, которые могут повлиять на результат и переносимость исследования либо вызвать прогрессирование заболевания или развитие осложнений. Относительные противопоказания включают частоту сердечных сокращений (ЧСС) в покое более 120 в 1 мин,

Таблица 1. Шкала Борга

Балл	Выраженность одышки
0	Отсутствие одышки
0,5	Чрезвычайно легкая (почти неощутимая)
1	Очень легкая одышка
2	Легкая (слабая) одышка
3	Средняя одышка
4	Умеренная одышка
5	Тяжелая одышка
6	
7	Очень тяжелая одышка
8	
9	
10	Невыносимая (предельно тяжелая) одышка

артериальную гипертензию более 180/100 мм рт. ст., заболевания опорно-двигательного аппарата, невозможность кооперации с пациентом.

Тест с 6-минутной ходьбой

Это наиболее распространенный и изученный внелабораторный нагрузочный тест, результатом которого является расстояние, пройденное пациентом с максимальной скоростью по ровной плоской поверхности в течение 6 мин. Существуют различные модификации данного теста, в частности тесты с 12-минутной или 5-минутной ходьбой и др., но наиболее целесообразным и используемым в клинической практике считается именно тест с 6-минутной продолжительностью ходьбы.

На предварительном этапе исследователь должен выбрать свободное 30-метровое пространство (коридор отделения) и ограничить его дорожными конусами. Следует также озаботиться тем, чтобы

в коридоре не было посторонних лиц, которые потенциально могут мешать проведению теста (другие пациенты, медицинский персонал). Необходимо подготовить к тестированию пациента, у которого должна быть удобная обувь и не стесняющая движения одежда. Допускается использование вспомогательных средств передвижения (трость, роллатор и т.д.). Перед тестированием пациенту подробно рассказывают о порядке исследования, убеждаются в отсутствии противопоказаний к нагрузочному тестированию, в покое измеряют артериальное давление (АД) и SpO₂ с помощью пульсоксиметра. Необходимо объяснить пациенту, что скорость ходьбы во время тестирования он регулирует самостоятельно и при появлении либо нарастании одышки, болей в грудной клетке либо других симптомов, ограничивающих ходьбу, может снизить темп или остановиться. Рекомендуется иметь поблизости стул, чтобы пациент мог сесть по окончании теста, телефон для вызова реаниматолога при необходимости, источник кислорода и автоматический наружный дефибриллятор для оказания помощи при возможном развитии осложнений.

Методика теста. Пациенту предлагают встать около одного из конусов (точка отсчета), где непосредственно перед началом исследования измеряются ЧСС и SpO₂ с помощью пульсоксиметра, одышка и/или усталость ног по 10-балльной шкале Борга (табл. 1) или визуально-аналоговой шкале. Далее по команде с началом отсчета времени пациент начинает ходить по заранее ограниченному простран-

ву в максимально быстром темпе, огибая конусы с внешней стороны. Исследователь регистрирует количество пройденных кругов и сообщает пациенту об оставшемся времени. По истечении 6 мин пациента останавливают, фиксируют конечную точку, предлагают присесть и вновь измеряют ЧСС, SpO₂, одышку по шкале Борга и/или усталость ног, затем подсчитывают пройденное пациентом расстояние.

Возможные ошибки при проведении теста. Препятствия на пути пациента, в том числе и сам исследователь, снижают скорость ходьбы и, следовательно, уменьшают итоговое пройденное расстояние. Подбадривание пациента во время тестирования и призывы увеличить скорость ходьбы могут значительно увеличить пройденное расстояние, а потому не допускаются. По этой же причине стоит воздержаться от совместной ходьбы рядом с пациентом. Также возможны ошибки в фиксировании расстояния и его измерении.

Интерпретация результатов. Полученное 6-минутное расстояние (6-МР) сравнивают с должными величинами, которые можно рассчитать по формулам с учетом пола, возраста, массы тела и роста. В мировой литературе опубликовано множество разных формул для расчета должных величин 6-МТ, которые, однако, не имеют существенных различий в прогностическом отношении. Наиболее распространенными являются уравнения P.L. Enright et al. (табл. 2). Результат выражают в абсолютных величинах (метрах) и в процентном соотношении от должного расстояния. При снижении SpO₂ более чем

на 4% от исходного или ниже 90% говорят о десатурации. Выявление десатурации на фоне физической нагрузки — одно из важных клинических значений 6-МТ, так как этот параметр нельзя оценить никакими функциональными методами в состоянии покоя.

Клиническая интерпретация.

Бронходилататоры улучшают результат 6-МТ в среднем на 6–7 м, что не считается клинически значимым. Использование кислорода во время тестирования увеличивает 6-МР на 12–50 м, при этом имеет значение способ перемещения источника кислорода (самим пациентом или медперсоналом, использование тележки и т.д.). Это следует принимать во внимание при оценке результатов теста.

• Пороговое значение расстояния, пройденного в 6-МТ, прогнозирующее риск летального исхода, составляет 340–350 м.

У больных ХОБЛ улучшение 6-МР на фоне легочной реабилитации составляет в среднем 48 м, на фоне терапии обострения ХОБЛ в среднем 78 м. У больных ИЗЛ улучшение 6-МР на фоне лечения в среднем составляет 39 м, у пациентов с легочной артериальной гипертензией — 34 м. Таким образом, 6-МТ можно использовать для оценки эффективности терапии и легочной реабилитации.

Тест с 6-минутной ходьбой также применяют для прогнозирования риска неблагоприятных исходов заболевания. Показано, что у больных ХОБЛ, ИЗЛ и легочной гипертензией 6-МР достоверно связано с риском летального исхода и/или

Таблица 2. Уравнения P.L. Enright et al. (1998) для расчета должных величин 6-МР (в метрах)

Пол	Уравнение
Мужской	$(7,57 \times \text{рост}) - (5,02 \times \text{возраст}) - (1,76 \times \text{масса тела}) - 309$
Женский	$(2,11 \times \text{рост}) - (2,29 \times \text{масса тела}) - (5,78 \times \text{возраст}) + 667$

Примечание. Рост выражается в сантиметрах, возраст — в годах, масса тела — в килограммах.

госпитализаций: чем меньше 6-МР, тем выше летальность. Менее тесная зависимость выявлена между 6-МР и риском госпитализаций.

Поскольку исследования, посвященные этой проблеме, различались по популяциям больных и методам статистической обработки данных, суммарный анализ полученных данных не выполнен, однако в отдельных исследованиях показано, что у больных тяжелой ХОБЛ отношение риска летального исхода составило 0,82 на каждые 50 м сокращения 6-МР, и наоборот, увеличение 6-МР на 30 м повышало выживаемость больных примерно на 11%. По данным других исследователей, у больных тяжелой ХОБЛ, которые умерли в течение 3 лет наблюдения, скорость снижения 6-МР составила >25 м в год. Пороговое значение 6-МР, прогнозирующее риск летального исхода, различается у разных авторов, однако в целом составляет 340–350 м.

Новые внелабораторные тесты

Несмотря на то что 6-МТ по праву считается “золотым стандартом” для определения снижения толерантности к физическим нагрузкам, его основным недостатком является необходимость в 30-метровом свободном коридоре, что делает невозможным его применение во многих медицинских организациях. В связи с этим были

разработаны иные внелабораторные тесты.

Тест “встать и сесть”

Это альтернативный внелабораторный нагрузочный тест, не менее эффективный, но более простой в исполнении, чем 6-МТ. Как и 6-МТ, тест “встать и сесть” используется для оценки функционального состояния больных. Результатом исследования является число повторных вставаний со стула и присаживаний на стул. Противопоказаниями к проведению служат заболевания опорно-двигательного аппарата и неврологическая патология, препятствующие выполнению теста.

Тест “встать и сесть”, как и 6-МТ, валидизирован для прогноза течения ХОБЛ, но пока недостаточно изучен. Основным недостатком этого, как и некоторых других внелабораторных тестов, является отсутствие стандартизации.

Методология. Для теста требуется устойчивый стул без подлокотников с твердым сидением. Высота сидения от пола может составлять от 40 до 48 см. Как и при 6-МТ, перед тестированием пациента инструктируют, проводят врачебный осмотр, оценивают противопоказания к нагрузочному тестированию. Далее пациенту предлагают сесть на стул и измеряют АД, ЧСС, SpO₂, одышку и/или усталость ног по шкале Борга. Затем пациент



Тест “встать и сесть”.

должен поставить ноги в устойчивое положение (сгибание в коленном суставе под прямым углом, стопы расположены параллельно друг другу) и по команде, с началом отсчета времени, вставать со стула и садиться обратно без помощи рук (руки скрещивают на груди) с максимально возможной скоростью (рисунок). Исследователь подсчитывает число повторов (1 повтор включает подъем со стула и присаживание обратно). Длительность теста может быть различной — от 30 с до 3 мин. По истечении времени пациента останавливают, снова измеряют ЧСС, SpO₂, одышку и/или усталость ног по шкале Борга.

Разновидностью теста “встать и сесть” является тест с 5 повторами, при этом результатом служит время, затраченное на выполнение 5 вставаний и присаживаний. Чаще всего используется 1-минутный тест “встать и сесть”.

Клиническая интерпретация. Основной целью проведения теста “встать и сесть” служит выявление десатурации при нагрузке. Количество повторов не имеет диагностически важной значимости

из-за отсутствия стандартизации, однако в одном исследовании для больных ХОБЛ, участвовавших в программах физической реабилитации, установлена минимальная клинически значимая разница в результатах теста “встать и сесть” с заданным числом повторов, которая составила 1,7 с. Результаты 1-минутного теста “встать и сесть” коррелируют с 6-МР.

Тест “встать и пойти”

Это внелабораторный нагрузочный тест, изначально разработанный для оценки риска падений у пожилых пациентов. В ряде исследований тест подтвердил свою эффективность в рамках первичной оценки функционального статуса у больных среднетяжелой и тяжелой ХОБЛ. Противопоказания к проведению теста такие же, как и для других внелабораторных нагрузочных тестов.

Методология. Пациента, сидящего на стуле, просят встать и пройти 3 м по ровной поверхности в удобном для него темпе, затем развернуться, вернуться обратно к стулу и сесть. Результатом является время, затраченное на все эти действия. До и после проведения пробы измеряют ЧСС, SpO₂, одышку и/или усталость ног по шкале Борга. Протоколы этого теста, описанные в литературе, различаются по расстоянию (3 или 2,5 м) и требуемой скорости ходьбы (обычной для пациента или возможно более быстрой).

Интерпретация результатов. Время 8,42 с, затраченное в тесте “встать и пойти”, является пороговым, разграничивающим больных с нормальной и сниженной физиче-

ской активностью, и соответствует 360 м в 6-МТ.

Тест с подъемом по лестнице

Данный тест изначально использовался для оценки риска послеоперационной летальности и осложнений при проведении пульмонэктомии и резекции легкого.

Методология. Пациента просят подниматься по лестничным маршам. У разных исследователей варьируют высота ступеней (16–18,5 см), число ступеней в лестничном марше, задачи исследования (подъем в обычном темпе, либо в максимально быстром, либо на возможно большее число маршей), окончание тестирования (определяется самим пациентом при появлении одышки, боли за грудиной, слабости или исследователем при остановке пациента более чем на 3 с). Во время проведения теста пациента нередко побуждают увеличить нагрузку (подняться по ступенькам выше), хотя некоторые исследователи не делают этого.

Клиническая интерпретация. Результатом теста является либо время, затраченное на подъем (обычно на 5–6 маршей), либо число ступеней (шагов), сделанное пациентом до окончания теста. Предпочтительно, чтобы результат тестирования выражался в метрах, а не в числе ступеней или лестничных маршей, учитывая их разную высоту в разных зданиях и медицинских учреждениях. Это позволило бы сравнить результаты разных исследований. Рассчитаны несколько пороговых значений теста: подъем на 44 ступеньки, или 7,5 м для 90-дневной летальности, или

подъем на 12 м, ассоциированный с возрастанием внутрибольничной постоперационной летальности вдвое. Риск послеоперационных осложнений возрастает при неспособности больного подняться по лестнице высотой 12 м за 37,5 с или на 2 лестничных марша. Тест с подъемом по лестнице достаточно безопасен даже у больных старше 60 лет, имеющих сопутствующие сердечно-сосудистые заболевания.

• Альтернативные нагрузочные тесты имеют свои преимущества по сравнению с 6-МТ в амбулаторных условиях при недостатке свободного пространства, однако их общим недостатком является отсутствие стандартизации.

Преимущества теста с подъемом по лестнице заключаются в простоте и экономичности, минимуме необходимого оборудования и пространства. Существует мнение, что тест с подъемом по лестнице создает нагрузку большей величины, чем другие нагрузочные тесты, 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 тестировании. Основным недостатком теста с подъемом по лестнице является отсутствие его стандартизации.

Заключение

Внелабораторные нагрузочные тесты позволяют объективно оценить физическую толерантность у

пациентов с различными заболеваниями легких при относительно небольших финансовых и кадровых затратах, что делает их актуальными в практической медицине.

В последние годы в пульмонологической практике на смену 6-МТ приходят альтернативные нагрузочные тесты, имеющие свои преимущества и меньше ограничений. Эти тесты позволяют выявлять снижение толерантности к физическим нагрузкам, оценивать эффективность проводимой терапии и легочной реабилитации, прогнозировать течение и исходы хронических заболеваний легких в амбулаторных условиях при недостатке свободного пространства. Один из наиболее простых и удобных для врачей первичного звена тестов — это тест “встать и сесть”. Другой тест — тест с подъемом по лестнице, позволяющий оценить риск послеоперационных осложнений и летальности, нашел свое применение в торакальной хирургии. Однако, несмотря на это, 6-МТ остается “золотым стандартом” среди внелабораторных нагрузочных тестов, поскольку он единственный стандартизованный внелабораторный нагрузочный тест, в отношении которого накоплен большой объем доказательной информации.

Рекомендуемая литература

American Thoracic Society; American College of Chest Physicians. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 2003 Jan;167(2):211-77.
 ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. American Journal of

Respiratory and Critical Care Medicine 2002 Jul;166(1):111-7.

Barry E, Galvin R, Keogh C, Horgan F, Fahy T. 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 Geriatrics 2014 Feb;14:14.

Brunelli A, Refai M, Xiumé F, Salati M, Sciarra V, Soggi L, Sabbatini A. Performance at symptom-limited stair-climbing test is associated with increased cardiopulmonary complications, mortality, and costs after major lung resection. The Annals of Thoracic Surgery 2008 Jul;86(1):240-7.

Chaovalit S, Taylor NF, Dodd KJ. Sit-to-stand exercise programs improve sit-to-stand performance in people with physical impairments due to health conditions: a systematic review and meta-analysis. Disability and Rehabilitation 2019 Jan;22:1-10.

Jayaram L, Wong C, McAuley S, Rea H, Zeng I, O'Dochartaigh C. Combined therapy with tiotropium and formoterol in chronic obstructive pulmonary disease: effect on the 6-minute walk test. COPD 2013 Aug;10(4):466-72.

Mesquita R, Wilke S, Smid DE, Janssen DJ, Franssen FM, Probst VS, Wouters EF, Muris JW, Pitta F, Spruit MA. Measurement properties of the Timed Up and Go test in patients with COPD. Chronic Respiratory Disease 2016 Nov;13(4):344-52.

Ozalevi S, Ozden A, Itil O, Akkoclu A. Comparison of the Sit-to-stand test with 6 min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Respiratory Medicine 2007 Feb;101(2):286-93.

Pinto-Plata VM, Cote C, Cabral H, Taylor J, Celli BR. The 6-min walk distance: change over time and value as a predictor of survival in severe COPD. The European Respiratory Journal 2004 Jan;23(1):28-33.

Singh SJ, Puhon MA, Andrianopoulos V, Hernandez NA, Mitchell KE, Hill CJ, Lee AL, Camillo CA, Troosters T, Spruit MA, Carlin BW, Wanger J, Pepin V, Saey D, Pitta F, Kaminsky DA, McCormack MC, MacIntyre N, Culver BH, Sciurba FC, Revill SM, Delafosse V, Holland AE. An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. The European Respiratory Journal 2014 Dec;44(6):1447-78.

Vaidya T, Chambellan A, de Bisschop C. Sit-to-stand test for COPD: a literature review. Respiratory Medicine 2017 Jul;128:70-7.