

Бронхопровокационный тест с физической нагрузкой: показания, методика проведения, интерпретация результатов

О. И. Савушкина^{1,2}, А. В. Черняк², Е. Р. Кузьмина¹

¹ ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства обороны РФ, Москва, Россия

² ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА России, Москва

РЕЗЮМЕ

Бронхиальная гиперреактивность, спровоцированная физическими упражнениями, чаще всего встречается у пациентов с бронхиальной астмой, хотя общепризнанно, что физическая нагрузка провоцирует, а не является причиной данного заболевания. В лекции рассмотрены вопросы патогенеза синдрома бронхиальной гиперреактивности, спровоцированной физической нагрузкой (постнагрузочного бронхоспазма), его диагностики с помощью бронхопровокационного нагрузочного теста, который включает велоэргометрию или тредмил-тест, а также регистрацию кривой «поток-объем» форсированного выдоха до и в разные интервалы времени в период восстановления после нагрузочного тестирования, приведены показания и противопоказания к проведению исследования, подробно рассмотрены методика проведения исследования и интерпретация результатов, а также приведен клинический пример выявления синдрома бронхиальной гиперреактивности, спровоцированной физической нагрузкой, у молодого взрослого пациента.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: синдром бронхиальной гиперреактивности, бронхопровокационный тест, бронхиальная астма.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Exercise challenge test: indications, protocol, interpretation of the results

O. I. Savushkina^{1,2}, A. V. Cherniak², E. R. Kuzmina²

¹ Main Military Clinical Hospital named after academician N. N. Burdenko, Moscow, Russia

² Federal Pulmonology Research Institute, Moscow, Russia

SUMMARY

Exercise-induced bronchoconstriction mostly presents in patients with asthma, although it is generally recognized that physical activity provokes, but not causes asthma. The lecture discusses the pathogenesis of the syndrome of exercise-induced bronchoconstriction, its diagnosis which includes bicycle ergometry or treadmill test, as well as registration of the flow-volume curve of forced exhalation before and at different time intervals during recovery after exercise challenge test. Besides, indications, and contraindications to the test are listed as well as methodology and the interpretation of the results are considered in detail. A clinical example of the detection of exercise-induced bronchoconstriction in a young adult patient is also given.

KEYWORDS: exercise-induced bronchoconstriction, exercise challenge test, asthma.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Индуцированное физической нагрузкой (ФН) падение объема форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁) впервые было описано в 1960-х годах и получило название «астма физического усилия». В 1970 году было предложено данное состояние описывать как индуцированный ФН бронхоспазм (англ. EIB — exercise-induced bronchoconstriction) [1], тогда как в отечественной литературе используется термин «синдром бронхиальной гиперреактивности» (БГР), спровоцированной ФН [2], или синдром постнагрузочного бронхоспазма [3].

Бронхоспазм, индуцированный ФН, — это острое преходящее обратимое сужение дыхательных путей (ДП), возникающее после ФН, реже — в процессе ее выполнения [3, 4]. Типичные симптомы включают одышку, свистящее дыхание, кашель, чувство стеснения в груди, продукцию мокроты, чувство усталости даже в случае хорошей физической формы у пациента. Бронхоспазм, индуцированный ФН, обычно возникает на 2–5 минутах с пиком на 10 мин и разрешением симптомов к 60 мин после завершения ФН. Распространенность данного синдрома в общей популяции людей составляет 5–20%, среди детей младше 16 лет — 3–35% [1]. Синдром БГР, спровоцированной ФН, встречается как у пациентов с установленным диагнозом БА, так и у пациентов без подтвержденного диагноза БА [4].

Вместе с тем, БА является главным коморбидным фактором, который ассоциирован с БГР на фоне ФН. Данный синдром имеет место у 90% пациентов с БА. Отмечено, что у пациентов с плохо

контролируемой БА или БА тяжелого течения вероятность манифестации БГР на фоне ФН выше, чем у пациентов с хорошо контролируемой БА или БА легкого течения [1].

Необходимо отметить, что само по себе выявление БГР на фоне ФН не дает основания для постановки диагноза БА. Однако в связи с тем, что подходы к коррекции бронхоспазма, индуцированного ФН, у пациентов с установленным диагнозом БА и у пациентов без подтвержденного диагноза БА существенно различаются, задачей клинициста является четко дифференцировать эти состояния. Остается не совсем ясной частота встречаемости БГР на фоне ФН у пациентов без подтвержденного диагноза БА [1].

Установлено, что сама ФН не является триггером сужения ДП [2, 5]. К бронхоспазму приводит гипервентиляция холодным и сухим воздухом. Результаты многочисленных исследований показали, что приступа БА при ФН можно избежать, если вдыхаемый воздух насыщен водяными парами, а его температура близка к температуре тела [5]. Следовательно, бронхоспазм может быть спровоцирован охлаждением вдыхаемого воздуха и/или уменьшением его относительной влажности. Вместе с тем, было показано, что более важной причиной развития бронхоспазма является потеря воды за счет ее испарения с поверхности тела и слизистых при ФН, обуславливающая преходящее увеличение осмолярности поверхностной жидкости ДП [5].

In vitro было продемонстрировано, что гиперосмолярность ДП стимулирует освобождение тучными клетками медиаторов

воспаления, таких как лейкотриены и гистамин, которые вызывают сужение ДП за счет сокращения гладкой мускулатуры бронхиального дерева [6]. В связи с чем тест с ФН может являться провокационным методом для выявления синдрома БГР [5, 7].

Необходимо отметить, что бронхопровокационный тест с физической нагрузкой (БПТ с ФН) является непрямым стимулом, действующим опосредованно через увеличение выброса медиаторов воспаления из тучных клеток эпителия и подслизистой оболочки ДП (в отличие от метахолина, который оказывает непосредственное влияние на гладкие мышцы ДП). Механизм непрямого бронхопровокационного действия ФН заключается в том, что во время выполнения ФН происходит испарение воды с поверхности слизистой ДП, что обуславливает дегидратацию и увеличение осмолярности поверхностной жидкости ДП. Гиперосмолярность является триггером воспаления ДП и, как следствие, эозинофилии и выброса медиаторов воспаления из тучных клеток, что приводит к бронхоспазму [8].

С целью выявления синдрома постнагрузочного бронхоспазма пациента необходимо направить на БПТ с ФН, который включает нагрузочное тестирование (НТ) (велозергометрию или тредмил-тест) и форсированную спирометрию до и в восстановительный период после НТ. По данным Sterk P. J. с соавт. [5] известно, что в клинических условиях БПТ с ФН имеет низкую чувствительность (распространенность положительной реакции у взрослых составляет 7–16%), тогда как по данным Demissie K. с соавт. [9] у детей чувствительность и специфичность составляет 30–60% и 80–98% соответственно. Таким образом, применение БПТ с ФН обладает высокой положительной прогностической значимостью. С помощью БПТ с ФН можно выявить БГР даже при отсутствии активного воспаления в бронхах, при сохранении спирометрических показателей в пределах нормы, при отсутствии положительной реакции на бронхолитик и клинических проявлений БА на момент исследования [2].

Показания к проведению БПТ с ФН [7]:

1. Диагностика БА у пациентов с приступами удушья в течение или после ФН.
2. Оценка эффективности и подбор оптимальных доз бронхолитиков с целью предотвращения бронхоспазма, индуцированного ФН.
3. Оценка эффективности противовоспалительной терапии.

Абсолютные противопоказания к проведению БПТ с ФН:

1. Исходное значение $ОФВ_1 < 60\%$ долж. или менее 1 л [2].
2. Абсолютные противопоказания для электрокардиографического НТ [10].

Относительные противопоказания к проведению БПТ с ФН:

1. Исходное значение $ОФВ_1 < 75\%$ долж. и сатурация кислорода методом пульсоксиметрии 94% и менее [8].
2. Относительные противопоказания для электрокардиографического НТ [10].

Подготовка пациента:

1. Пациент должен быть в спортивной одежде, которая не стесняет движения, и удобной спортивной обуви.
2. За 2 часа до начала исследования еда не должна быть обильной.
3. Пациент должен воздержаться от энергичных физических упражнений не менее, чем за 4 часа до исследования.
4. В течение соответствующего периода времени (см. табл. 1) следует отменить лекарственные препараты и продукты питания, снижающие БГР.

По мере накопления знаний, совершенствования опыта и обобщения протоколы дозирования ФН претерпевали изменения.

Eggleston P. A. с соавт. [11] предлагали для пациентов 20–30 лет следующую последовательность увеличения ФН при проведении теста на тредмиле (см. табл. 2, рис. 2).

Номограмма, по нашему мнению, дает наглядное понимание структуры протокола дозирования ФН. Вместе с тем, учитывая, что в рамках предложенного Eggleston P. A. с соавт. протокола [11] за короткий промежуток времени (8 мин) достичь скорость 8–9 км/ч при угле наклона дорожки 5%, выполнить данную задачу достаточно затруднительно.

В 1993 г. Sterk P. J. с соавт. [5] предложили следующий протокол нагрузки. Во время НТ, при котором возможно измерение вентиляции легких, интенсивность работы пациента подбирают таким образом (как вариант бег со скоростью 5–9 км/ч при угле наклона дорожки 10%), чтобы в течение 3–4 мин достигнуть 40–60% от его должной максимальной вентиляции ($МВЛ = ОФВ_{1, \text{долж}} (\text{л}) \cdot 35$), и поддерживать достигнутый уровень в течение 4 мин нагрузки [5].

В 1999 г. Crapo R. O. с соавт. [7] при проведении исследования на тредмиле предложили выбирать протокол ФН таким образом, чтобы, начав с низкой скорости и небольшого угла наклона дорожки, постепенно увеличивать сначала скорость ходьбы, затем угол наклона (более 4,5 км/ч и 15% соответственно), чтобы в течение 2–4 мин достигнуть 80–90% максимальной частоты сердечных сокращений ($ЧСС_{\text{макс}}$, где $ЧСС_{\text{макс}} = 220 - \text{возраст (лет)}$) [7].

Как только соответствующая ЧСС будет достигнута, следует, если это возможно, продолжать тест еще в течение 4–6 мин, подерживая ЧСС на достигнутом уровне.

Общее время тестирования должно составлять 6–10 мин [12].

При проведении НТ на велозергометре в качестве критерия достижения необходимого уровня вентиляции легких вычисляется конечная мощность работы в ваттах (Вт) по уравнению:

$$\text{Работа (Вт)} = 53,76 * ОФВ_1(\text{л}) - 11,07,$$

где $ОФВ_1(\text{л})$ — максимальная величина $ОФВ_1(\text{л})$, измеренная перед НТ.

Для 1-й мин мощность работы устанавливается на уровне 60% от конечной мощности, на 2-й мин — 75%, на 3-й мин — 90%, на

Таблица 1
Лекарственные препараты и продукты питания, снижающие бронхиальную гиперреактивность [8]

Препарат	Период отмены перед исследованием
Ингаляционные бронхолитики короткого действия	8 ч
Ингаляционные бронхолитики длительного действия	36 ч
Ингаляционные бронхолитики длительного действия в комбинации с кортикостероидами	36 ч
Ингаляционные бронхолитики ультра длительного действия	48 ч
Ингаляционные кортикостероиды (будесонид, беклометазон)	6 ч
Ингаляционные кортикостероиды длительного действия	24 ч
Блокаторы лейкотриеновых рецепторов	4 дня
Ингибиторы синтеза лейкотриенов (зилеутон)	12ч
Антигистаминовые препараты (лоратадин, цитеризин)	72 ч
Блокатор м-холинорецепторов короткого действия	12 ч
Блокатор м-холинорецепторов длительного действия	72 ч
Кромоны	4 ч
Ксантины	24 ч
Кофеин	24 ч

Таблица 2

Последовательность увеличения физической нагрузки при проведении теста на тредмиле

Степень	Продолжительность, мин	Достигнутая ЧСС	Скорость дорожки, км/ч	Угол наклона, %
I	2	50% от ЧСС _{макс}	4	0
II	2	70% от ЧСС _{макс}	2/3 от максимальной скорости ¹	5%
III	5-8	90% от ЧСС _{макс}	максимальная скорость ¹	5%

¹ Максимальная скорость движения дорожки определяется по номограмме в зависимости от роста пациента (см. рис. 2).

4-й мин — 100% от конечной мощности, которая поддерживается в течение 4–6 мин [7].

В 2018 г. Европейское респираторное общество разработало стандарт по проведению непрямого бронхопровокационного тестирования [8]. При проведении НТ на тредмиле скорость и угол наклона должны постепенно повышаться в течение первых 2–3 мин исследования, пока не будет достигнут целевой уровень. Уровень физической подготовки и масса тела пациента будут сильно влиять на скорость и угол наклона, достаточные для достижения необходимой вентиляции легких или ЧСС. Целесообразно быстро переходить на высокую, но комфортную скорость при наклоне беговой дорожки 5,5% (3°), затем увеличивать наклон вплоть до 10% до достижения необходимой ЧСС (>85% от ЧСС_{макс}) или вентиляции легких (60% от МВЛ, где МВЛ = ОФВ₁(л)·40). На достигнутом уровне ФН исследование необходимо продолжать в течение 6 мин. Быстрое увеличение вентиляции при беге на тредмиле делает его более предпочтительным по отношению к велоэргометрии [8].

Необходимо обратить внимание, что наибольший бронхоспастический эффект при проведении БПТ с ФН достигается в том случае, если пациент выполняет довольно высокую ФН в течение короткого периода времени. Продолжительная ФН (более 12 мин) уменьшает БГР [7]. Каждая лаборатория может самостоятельно формировать протокол НТ, ориентируясь на возможности используемого оборудования и вышеизложенные требования к проведению исследования. Можно взять за основу стандартный протокол Vgise, регулируя продолжительность каждой фазы в зависимости от достигнутых ЧСС, артериального давления (АД) и самочувствия пациента, принимая за внимание, что цель исследования — за короткий промежуток времени достигнуть необходимый уровень ФН и субмаксимальной ЧСС, рассчитанной по уравнению (2).

Ход исследования.

1. Исследование должно проводиться в помещении с температурой воздуха 20–25°C и относительной влажностью менее 50% [8].
2. Непосредственно перед началом НТ необходимо оценить исходную фактическую величину ОФВ₁(л), соблюдая стандарты выполнения маневра форсированного выдоха, рекомендованные Российским респираторным обществом [13], и зафиксировать его наибольшее значение. Целесообразно провести 2 спирометрических теста с разницей в 10–20 мин для подтверждения надежности полученных результатов [8].
3. Во время НТ нос пациента плотно закрывается зажимом, чтобы обеспечить дыхание через рот, усилить эффект дегидратации и повысить степень увеличения осмолярности поверхностной жидкости ДП.
4. По просьбе пациента НТ может быть остановлен в любое время. Кроме того, прекращать исследование следует в соот-

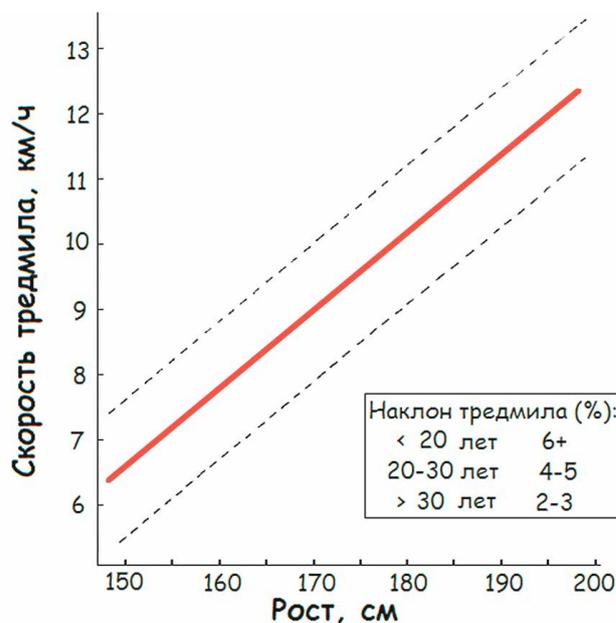


Рисунок 2. График зависимости скорости движения дорожки тредмила (км/ч) от роста пациента (см) с целью достижения 90% от ЧСС_{макс}. Пунктирные линии — границы 2 стандартных отклонений от среднего значения [11].

ветствии с требованиями к проведению НТ в функциональной диагностике [10].

5. Увеличивать ФН необходимо таким образом, чтобы на 2 мин ФН ЧСС составляла около 80% от ЧСС_{макс}, на 6 мин — около 90% от ЧСС_{макс} [2].
6. На протяжении всего исследования, а также в течение 15 мин после его окончания необходимо мониторировать ЧСС, ЭКГ и АД.
7. После завершения НТ в восстановительном периоде через определенные временные интервалы измеряется ОФВ₁. Для этого на каждом временном этапе необходимо выполнить хотя бы 2 приемлемых маневра форсированного выдоха и зафиксировать наибольшее значение ОФВ₁ (разница между двумя показателями на каждом временном этапе не должна превышать 200 мл, а продолжительность выдоха можно ограничить 2–3 сек, так как этого достаточно, чтобы оценить величину ОФВ₁ [7]). Вместе с тем, следует инструктировать пациента каждую попытку маневра форсированного выдоха выполнять энергично и в полную силу. В противном случае можно получить необоснованное занижение величины ОФВ₁. Необходимо обратить внимание, что временные интервалы регистрации ОФВ₁ в восстановительном периоде после завершения НТ могут определяться следующим образом:
 - вариант 1: на 1, 3, 5, 7, 10 и 15 мин отдыха [2];
 - вариант 2: на 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30 мин отдыха [7];
 - вариант 3: на 5, 10, 15, и 30 мин отдыха [12].
 Мы придерживаемся 1 варианта регистрации ОФВ₁ после НТ.

8. По завершению протокола всегда дается бронхолитик: β2-агонист в виде аэрозоля [5].

После полного завершения БПТ с ФН следует:

1. Дать заключение по результатам форсированной спирометрии, выполненной до НТ, и указать наибольшее значение фактического ОФВ₁ в литрах и %_{долж.}.
2. Дать заключение по результатам велоэргометрии или тредмил-теста:
 - 1) Указать исходные АД, ЧСС.
 - 2) Описать протокол нагрузки.
 - 3) Указать достигнутые ЧСС и АД, причину прекращения теста, жалобы, изменения на ЭКГ, динамику ЧСС и АД в процессе исследования и в восстановительном периоде.
3. Дать заключение по результатам форсированной спирометрии, выполненной в восстановительном периоде после завершения нагрузочного тестирования:

- 1) Указать % снижения (если оно было зафиксировано) показателя ОФВ₁ по сравнению с исходным, полученным до НТ. Разница между исходным значением ОФВ₁ и ОФВ₁, зарегистрированными в течение периода наблюдения после НТ, выражается в процентах от исходного:

$$КБК = (ОФВ_{1\text{после}}(л) - ОФВ_{1\text{до}}(л)) / ОФВ_{1\text{до}}(л) \cdot 100\%$$

где КБК — коэффициент бронхоконстрикции;

ОФВ_{1до} — объем форсированного выдоха за первую секунду, полученный до начала НТ (исходное ОФВ₁);

ОФВ_{1после} — объем форсированного выдоха за первую секунду, полученный на каждом временном интервале после завершения НТ.

- 2) Указать наименьшее полученное значение ОФВ₁ (%_{долж.}), зарегистрированное после завершения НТ.

Бронхопровокационный тест с ФН считается положительным, если зафиксировано падение величины ОФВ₁ более 10% [14], тогда как согласно рекомендациям по глобальной стратегии лечения и профилактики бронхиальной астмы (GINA) за 2022 год критерием положительного БПТ с ФН считается снижение ОФВ₁ более 10% и более 200 мл [15]. Более высокие значения процента падения ОФВ₁ (более 12%) рекомендуются для диагностики бронхоспазма, индуцированного ФН, у детей [15].

Вместе с тем, есть мнение, что необходимо регистрировать падение ОФВ₁ ≥ 10% в двух последовательных временных точках. Многие лаборатории используют критерий ≥ 15% от исходного уровня из-за большей специфичности этого критерия. В некоторых случаях могут потребоваться два теста для исключения бронхоспазма, индуцированного ФН [12].

Тяжесть снижения ОФВ₁ может быть классифицирована как легкая, умеренная или тяжелая, если процент падения ОФВ₁ по сравнению с исходным составляет ≥ 10%, но < 25%, ≥ 25%, но < 50% и ≥ 50% соответственно.

Не следует прекращать постнагрузочный контроль ОФВ₁ сразу,

Таблица 3
Результат форсированной спирометрии, выполненной до нагрузочного тестирования

Показатель	Должное (GLI 2012)	Полученное	% _{долж.}
ФЖЕЛ, л	5,64	4,70	83
ОФВ ₁ , л	4,77	3,81	79,9
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %	-	81	-

Примечание: GLI 2012 — система должных значений Европейского респираторного общества по стандартизации легочных функциональных тестов (Global Lung Function Initiative 2012 г.); ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за первую секунду.

как только получено снижение его величины на 10% от исходного значения, так как не факт, что это самое низкое значение. В постнагрузочный период величина ОФВ₁ может изменяться по-разному. Однако чаще всего самые низкие показатели регистрируются через 5–10 мин после прекращения нагрузки [7].

Ниже приведен пример заключения по результатам БПТ с ФН.

Пациент К., муж., 19 лет. Жалобы на выраженную одышку при умеренной физической нагрузке. Предварительный диагноз: бронхиальная астма. Рост — 180 см, масса тела — 60 кг, ИМТ — 19 кг/м².

Результаты БПТ с ФН представлены в таблицах 3–5 и на рисунке 3.

Из таблицы 3 следует, что максимальное значение ОФВ₁ до нагрузочного тестирования составило 3,81 л (80%_{долж.}).

Нагрузочное тестирование проведено на тредмиле.

Из таблицы 4 следует, что нагрузочное тестирование на тредмиле выполнено в соответствии с требованиями к проведению БПТ с ФН: продолжительность исследования составила 8 мин, была достигнута субмаксимальная ЧСС.

Из таблицы 5 следует, что после завершения тредмил-теста было зарегистрировано снижение ОФВ₁ на 1, 3, 5, 7, 10 и 15 мин и составило 14% (530 мл), 19% (720 мл), 22% (820 мл), 18,6% (710 мл), 21% (800 мл) и 12% (440 мл) соответственно. Наименьшее значение ОФВ₁ — 62,7%_{долж.}.

Заключение. Бронхопровокационный тест с физической нагрузкой с целью выявления бронхиальной гиперреактивности положительный. Максимальное снижение ОФВ₁ составило 22% и 820 мл на 5 мин отдыха. Толерантность к физической нагрузке высокая.

Таким образом, бронхопровокационный тест с физической нагрузкой играет важную роль в клинической практике, так как позволяет выявлять синдром постнагрузочного бронхоспазма. Данный тест можно проводить как в условиях стационара, так и в амбулаторной практике. Вместе с тем, необходимо подчеркнуть, что отрицательный результат бронхопровокационного теста с физической нагрузкой не исключает БА, тогда как положительный результат не является подтверждением БА.

Для оценки бронхиальной гиперреактивности, индуцированной физической нагрузкой, необходимо регистрировать данные кривой «поток-объем» форсированного выдоха, затем выполнить велоэргометрию или тредмил-тест и в восстановительном периоде оценить реакцию системы дыхания на физическую нагрузку по динамике ОФВ₁.

Таблица 4
Результат нагрузочного тестирования

Исходная ЧСС, уд/мин	88
Исходное АД, мм рт.ст.	110/70
Протокол нагрузки	Фаза I (2,8 METs) — 1 мин; фаза II (3,2 METs) — 1 мин; фаза III (4,6 METs) — 3 мин; фаза IV (10,3 METs) — 3 мин
Общее время нагрузки	8 мин
Достигнутая ЧСС, уд/мин	180 (90%)
Достигнутое АД, мм рт.ст.	180/90
Причина прекращения пробы	Достижение субмаксимальной ЧСС
Жалобы	Затрудненное дыхание, одышка
Динамика ЭКГ	Диагностически значимого смещения сегмента ST не выявлено, нарушений ритма не зарегистрировано
Реакция АД	Адекватная
Восстановительный период	Восстановление АД и ЧСС к 13-й мин отдыха

Таблица 5
Результаты форсированной спирометрии, выполненной на 1, 3, 5, 7, 10 и 15 минутах после прекращения нагрузки

	1 мин	3 мин	5 мин	7 мин	10 мин	15 мин
ОФВ ₁ (л)	3,28	3,09	2,99	3,10	3,01	3,37
ОФВ ₁ (%ДОЛЖ.)	69	64,7	62,7	65	63	71
ОФВ ₁ — ОФВ ₁ (л)	-0,53	-0,72	-0,82	-0,71	-0,80	-0,44
КБК, %	-14	-19	-22	-18,6	-21	-12

Примечание: КБК = (ОФВ₁ (л) — ОФВ₁ (л)) / ОФВ₁ (л) × 100%, где КБК — коэффициент бронхоконстрикции; ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за первую секунду, полученный до начала теста с ФН (исходное ОФВ₁); ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за первую секунду, полученный на каждом временном интервале после завершения теста с физической нагрузкой; %долж. — % от должного значения.

Диагностика синдрома постнагрузочного бронхоспазма позволяет назначать соответствующее лечение, что влияет на переносимость физических нагрузок и качество жизни пациентов, тогда как, по мнению Нахамчен Л. Г. с соавт. [3], полное ингибирование постнагрузочного бронхоспазма у пациентов с подтвержденной БА служит полезным индикатором контроля данного заболевания.

Список литературы / References:

- Aggarwal B., Mulgirigama A., Berend N. Exercise-induced bronchoconstriction: prevalence, pathophysiology, patient impact, diagnosis and management. *NPJ Prim Care Respir Med* 2018; 28 (1): 31. <https://doi.org/10.1038/s41533-018-0098-2>.
- Методические рекомендации по диагностике и лечению бронхиальной астмы и синдрома бронхиальной гиперреактивности у спортсменов. Под ред. А. Г. Чучалина. М.: 2012
- Methodological recommendations for the diagnosis and treatment of bronchial asthma and bronchial hyperreactivity syndrome in athletes. Edited by A. G. Chuchalin. M.: 2012
- Нахамчен Л. Г., Перельман Ю. М., Приходько А. Г., Ульянычев Н. В., Воропеева Р. В. Функциональная характеристика и клинические проявления реакции дыхательных путей на физическую нагрузку у больных бронхиальной астмой. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2016; 61: 8–15. <https://doi.org/10.12737/21433>.
- Nakhamchen L. G., Perelman J. M., Prikhodko A. G., Ul'yanychev N. V., Voropaeva R. V. Functional characteristics and clinical manifestations of airway response to exercise load in patients with asthma. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration*. 2016; 61: 8–15. <https://doi.org/10.12737/21433>.
- Bauza D. E. R., Silveira P. Asthma, atopy, and exercise: Sex differences in exercise-induced bronchoconstriction. *Exp Biol Med*. 2021; 246 (12): 1400–1409. <https://doi.org/10.1177/15353702211003858>.
- Sterk P. J., Fabbri L. M., Quanjer P. H., Cockcroft D. W., O'Byrne P. M., Anderson S. D., Juniper E. F., Malo J. L. Standardized challenge testing with pharmacological, physical and sensitizing stimuli in adults. *Eur Respir J. Suppl* 1993; 16: 53–83.
- Eggleston P. A., Kagey-Sobotka A., Lichtenstein L. M. A comparison of the osmotic activation of basophils and human lung mast cells. *Am Rev Respir Dis*. 1987; 135: 1043–1048.
- Srapo R. O., Casaburi R., Coates A. L., Enright P. L., Hankinson J. L., Irvin C. G., MacIntyre N. R., McKay R. T., Wanger J. S., Anderson S. D., Cockcroft D. W., Fish J. E., Sterk P. J. Guidelines for methacholine and exercise challenge testing-1999. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000; 161 (1): 309–329. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.161.1.at511-99>.

Сведения об авторах:

О. И. Савушкина — канд. биол. наук, заведующий отделением исследований функции внешнего дыхания центра функционально-диагностических исследований¹; старший научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования². ORCID: 0000-0002-7486-4990
А. В. Черняк — канд. мед. наук, заведующий лабораторией функциональных и ультразвуковых методов исследований². ORCID: 0000-0002-2001-5504
Е. Р. Кузьмина — канд. мед. наук, врач отделения исследований функции внешнего дыхания центра функционально-диагностических исследований¹. ORCID: 0009-0006-9969-9051

¹ ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства обороны РФ, Москва, Россия;

² ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА России, Москва, Россия

Автор для переписки: О. И. Савушкина. E-mail: olga-savushkina@yandex.ru

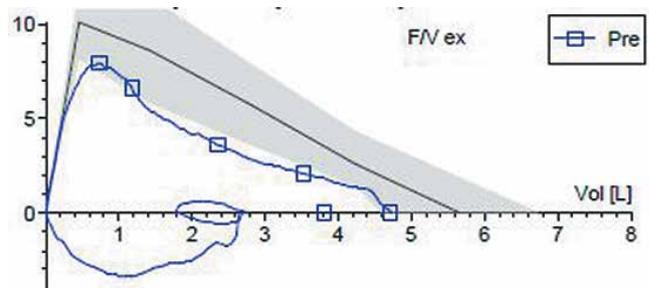


Рисунок 3. Кривая «поток-объем» до нагрузочного тестирования.

- Hallstrand T. S., Leuppi J. D., Joos G., Hall G. L., Carlsen K. H., Kaminsky D. A., Coates A. L., Cockcroft D. W., Culver B. H., Diamant Z., Gauvreau G. M., Horvath I., de Jongh F. H. C., Laube B. L., Sterk P. J., Wanger J. American Thoracic Society (ATS)/European Respiratory Society (ERS) Bronchoprovocation Testing Task Force. ERS technical standard on bronchial challenge testing: pathophysiology and methodology of indirect airway challenge testing. *Eur. Respir. J.* 2018; 52 (5): 1801033. <https://doi.org/10.1183/13993003.01033-2018>.
- Demissie K., White N., Joseph L., Ernst P. Bayesian estimation of asthma prevalence, and comparison of exercise and questionnaire diagnostics in the absence of a gold standard. *Bayesian estimation of asthma prevalence, and comparison of exercise and questionnaire diagnostics in the absence of a gold standard. Ann Epidemiol.* 1998; 8 (3): 201–208.
- Функциональная диагностика: национальное руководство / под ред. Н. Ф. Берестень, В. А. Сандрикова, С. И. Федоровой. — М.: Геотар-Медиа, 2019. — 789 с.: ил.
- Functional diagnostics: national guidelines / edited by N. F. Beresten, V. A. Sandrikova, S. I. Fedorova. — М.: Geotar-Media, 2019. — 789 p.: ill.
- Eggleston P. A., Rosenthal R. R., Anderson S. A., Anderson R., Bierman C. W., Bleecker E. R., Chai H., Cropp G. J., Johnson J. D., Konig P., Morse J., Smith L. J., Summers R. J., Trautlein J. J. Guidelines for the methodology of exercise challenge testing of asthmatics. Study Group on Exercise Challenge, Bronchoprovocation Committee, American Academy of Allergy. *J Allergy Clin Immunol* 1979; 64: 642–645.
- Parsons J. P., Hallstrand T. S., Mastrorade J. G., Kaminsky D. A., Rundell K. W., Hull J. H., Storms W. W., Weiler J. M., Cheek F. M., Wilson K. C., Anderson S. D. American Thoracic Society Subcommittee on Exercise-induced Bronchoconstriction. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013; 187 (9): 1016–27. <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0437ST>.
- Каменева М. Ю., Черняк А. В., Айсанов З. Р., Авдеев С. Н., Бабак С. Л., Белевский А. С., Берестень Н. Ф., Каманова Е. Н., Малавин А. Г., Перельман Ю. М., Приходько А. Г., Стручков П. В., Чикина С. Ю., Чушкин М. И. Спирометрия: методическое руководство по проведению исследования и интерпретации результатов. *Пульмонология*. 2023; 33 (3): 307–340. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-3-307-340>.
- Kameneva M. Yu., Cherniak A. V., Aisanov Z. R., Avdeev S. N., Babak S. L., Belevskiy A. S., Beresten N. F., Kalmanova E. N., Malayavin A. G., Perelman Ju. M., Prikhodko A. G., Struchkov P. V., Chikina S. Yu., Chushkin M. I. Spirometry: national guidelines for the testing and interpretation of results. *Pul'monologiya*. 2023; 33 (3): 307–340 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-3-307-340>.
- Бронхиальная астма. Клинические рекомендации. Доступно на: <https://spulmo.ru/>
- Asthma. Clinical recommendations. Russian respiratory Society; Available on: <https://spulmo.ru/>
- Global Strategy for Asthma Management and Prevention (GINA) Main Report 2022. Available on: <https://ginasthma.org/gina-reports/>

About authors:

Olga I. Savushkina — Candidate of Biology, Head of the Department of External Respiratory Function Research¹; Senior Researcher, Laboratory of Functional and Ultrasound Research Methods². ORCID: 0000-0002-7486-4990
Alexander V. Cherniak — Candidate of Medicine, Head of the Laboratory of Functional and Ultrasound Research Methods². ORCID: 0000-0002-2001-5504
Katerina R. Kuzmina — Candidate of Medicine, doctor of External Respiratory Function Research¹. ORCID: 0009-0006-9969-9051

¹ Main Military Clinical Hospital named after academician N. N. Burdenko, Moscow, Russia;

² Federal Pulmonology Research Institute, Moscow, Russia

Corresponding author: Olga I. Savushkina. E-mail: olga-savushkina@yandex.ru.

Статья поступила / Received 08.10.2023
 Получена после рецензирования / Revised 10.10.2023
 Принята в печать / Accepted 22.11.2023

Для цитирования: Савушкина О. И., Черняк А. В., Кузьмина Е. Р. Бронхопровокационный тест с физической нагрузкой: показания, методика проведения, интерпретация результатов. *Медицинский алфавит*. 2023; (32): 9–13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-32-9-13>

For citation: Savushkina O. I., Cherniak A. V., Kuzmina E. R. Exercise challenge test: indications, protocol, interpretation of the results. *Medical alphabet*. 2023; (32): 9–13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-32-9-13>