

УДК 616-073.178(083.74):612.216.1/2

DOI: 10.36604/1998-5029-2020-77-125-133

СПИРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

А.В.Черняк¹, О.И.Савушкина²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт
пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России,
115682, г. Москва, Ореховый бульвар, 28

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени
академика Н.Н.Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации,
105094, г. Москва, пл. Госпитальная, 3

РЕЗЮМЕ. Спирометрия является одним из самых распространенных в мире методов функциональной диагностики системы дыхания. Данные, получаемые с помощью этого метода, играют важную роль при определении типа вентиляционных нарушений, постановке клинического диагноза, оценке эффективности лечения и прогноза. Поэтому особое внимание уделяется правильности выполнения исследования, которое хорошо стандартизировано. Рекомендации по проведению спирометрии периодически пересматриваются. В 2019 году были опубликованы стандарты качества проведения спирометрии, разработанные Американским торакальным обществом и Европейским респираторным обществом, в которых были обновлены показания и противопоказания к проведению спирометрического исследования, критерии качества и воспроизводимости технически приемлемых дыхательных маневров. В статье представлены основные параметры и алгоритм интерпретации результатов спирометрии. Важную роль в этом играет выбор набора должных величин, которые определяют диапазон нормальных значений для популяции. В 2012 году были разработаны новые универсальные уравнения – Global Lung Function Initiative 2012, позволяющие рассчитать референсное значение спирометрических показателей в широком возрастном диапазоне (от 3 до 95 лет). Описан современный подход к определению степени отклонений от нормальных значений с помощью нижней границы нормы и z-критерия. Подчеркивается роль спирометрии при обструктивном типе вентиляционных нарушений.

Ключевые слова: спирометрия, стандарты проведения спирометрии, должные величины, критерии отклонения от нормы, вентиляционные нарушения.

SPIROMETRY IN CLINICAL PRACTICE

A.V.Cherniak¹, O.I.Savushkina²

¹Pulmonology Scientific Research Institute of Federal Medical and Biological Agency, 28 Orekhovuy Boulevard,
Moscow, 115682, Russian Federation

²Acad. N.N.Burdenko Main Military Clinical Hospital of Russian Federation Ministry of Defence, 3 Gospital'naya Sq.,
Moscow, 105094, Russian Federation

SUMMARY. Spirometry is one of the world most common methods of functional diagnostics of the respiratory system. Obtained by this method data play an important role in determining the type of ventilation disorders, clinical diagnosis, evaluating the effectiveness of treatment and prognosis. Therefore, special attention is paid to the technical standards of the study, which is well standardized. Spirometry guidelines are reviewed periodically. In 2019, spirometry quality standards developed by the American Thoracic Society and the European Respiratory Society were published, which updated the indications and contraindications for spirometry, criteria for the quality and reproducibility of technically acceptable maneuvers. The article presents the main parameters and the algorithm for interpreting spirometry results. An important role is played by the selection of a set of predicted values, which define the range of normal values for the population. In

Контактная информация

Александр Владимирович Черняк, канд. мед. наук, зав. лабораторией функциональных и ультразвуковых методов исследования, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России, 115682, Россия, г. Москва, Ореховый бульвар, 28. E-mail: achi2000@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Alexander V. Cherniak, MD, PhD (Med.), Head of the Laboratory of Functional and Ultrasonic Research Methods, Pulmonology Scientific Research Institute of Federal Medical and Biological Agency, 28 Orekhovuy Boulevard, Moscow, 115682, Russian Federation. E-mail: achi2000@mail.ru

Для цитирования:

Черняк А.В., Савушкина О.И. Спирометрическое исследование в клинической практике // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2020. Вып.77. С.125–133. DOI: 10.36604/1998-5029-2020-77-125-133

For citation:

Cherniak A.V., Savushkina O.I. Spirometry in clinical practice. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2020; (77):125–133 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2020-77-125-133

2012, new universal equations were developed – Global Lung Function Initiative 2012, which allow calculating the reference value of spirometry in a wide age range (from 3 to 95 years). A modern approach to determining the degree of deviations from normal values is described, which must be determined using the lower limit of the norm and the z-score. The role of spirometry in obstructive ventilation disorders is emphasized.

Key words: spirometry, standardization of spirometry, predicted values, criteria of deviation from the normal values, ventilation disorders.

Спирометрия, спирография (спиро – дыхание, относящее к дыханию, метрия – измерение) – функциональный метод исследования системы дыхания, включающий в себя измерение объемных и скоростных показателей дыхания. В настоящее время спирометрия стала одним из самых распространенных функциональных методов исследования, позволяющих решать важные клинические задачи.

Главным этапом в развитии спирометрии является создание унифицированной методики проведения и оценки функционального исследования, что позволяет интерпретировать и сравнивать результаты, полученные в любом медицинском учреждении. Первые рекомендации/стандарты по спирометрии были опубликованы Американским торакальным обществом (АТО) в 1979 году. Европейское респираторное общество (ЕРО) выпустило обобщенные рекомендации по спирометрии, бодиплетизмографии, диффузионному тесту, бронхоконстрикторным тестам в 1993 году [1]. Аналогичная работа велась в СССР [2, 3] и продолжается в Российской Федерации [4]. В 2019 году были опубликованы обновленные рекомендации АТО и ЕРО [5].

Как и в каждом методе существуют показания и противопоказания к проведению спирометрии. Показания к проведению спирометрии:

- установление причины респираторных жалоб больного, клинических симптомов либо отклонений в лабораторных показателях;
- оценка влияния болезни на легочную функцию;
- скрининг популяций людей с высоким риском легочных заболеваний;
- предоперационная оценка риска;
- оценка прогноза заболевания;
- оценка эффективности терапевтического вмешательства;
- мониторинг прогрессирования заболевания;
- наблюдение за пациентами для выявления обострений заболевания и выздоровления;
- наблюдение за лицами, подвергающимися воздействию неблагоприятных факторов;
- мониторинг побочных эффектов лекарств с известной способностью вызывать повреждения легких;
- обследование пациентов перед началом реабилитационной программы.

Следует отметить, что для проведения спирометрии существует ряд противопоказаний. Абсолютными противопоказаниями к проведению спирометрии следует считать любые острые состояния, при которых выполнение форсированных дыхательных маневров чревато

угрозой для жизни больного. При назначении исследования важно оценить возможность пациента адекватно выполнить все требуемые дыхательные маневры. Если полноценный контакт с пациентом невозможен (когнитивные нарушения, языковой барьер, дети младшей возрастной группы, пожилые пациенты и др.), то качественно выполнить спирометрию не удастся. Ограничением для проведения исследования может быть наличие травм и заболеваний челюстно-лицевого аппарата, не позволяющих пациенту герметично подсоединяться к загубнику или специальной маске. Трахеостома не является противопоказанием для выполнения спирометрии, однако, во избежание утечки воздуха, отверстие должно быть герметично закрыто.

К относительным противопоказаниям к проведению спирометрии относят следующие причины, связанные с:

сердечно-сосудистыми заболеваниями:

- острый инфаркт миокарда в течение последней 1 недели;
- выраженная артериальная гипертензия или гипотензия;
- выраженная предсердная / желудочковая аритмия;
- декомпенсированная сердечная недостаточность;
- неконтролируемая легочная гипертензия;
- острая правожелудочковая недостаточность;
- клинически нестабильные формы легочной тромбоэмболии;
- наличие в анамнезе синкопальных состояний, внезапно возникающих судорожных приступов, связанных с кашлем или форсированным дыханием.

повышением внутричерепного / внутриглазного давления:

- аневризма сосудов головного мозга;
- операция на головном мозге в течение предшествующих 4 недель;
- недавнее сотрясение мозга с сохраняющимися симптомами;
- офтальмологическая операция в течение последней 1 недели.

увеличением давления в пазухах и среднем ухе:

- хирургические операции или инфекционное заболевание пазухи или среднего уха в течение последней 1 недели.

повышением внутригрудного и внутрибрюшного давления:

- наличие пневмоторакса;
- торакальная или абдоминальная хирургическая операция в течение предшествующих 4 недель;
- осложненная беременность или беременность на

поздних сроках.

контролем инфекционных заболеваний:

- активные или подозреваемые трансмиссивные респираторные или системные инфекции, включая туберкулез;

- состояния с высоким риском инфекционного заражения, такие как кровохарканье, значительные выделения или поражения полости рта или ротовое кровотечение.

Выполнение спирометрии должно быть прекращено, если пациент испытывает боль во время дыхательных маневров.

Относительные противопоказания не исключают проведение спирометрии, но их следует учитывать при назначении обследования. Решение о проведении спирометрии определяется врачом на основании оценки рисков и пользы данных, полученных при спирометрии, для конкретного пациента. Потенциальные противопоказания должны быть отражены в направлении на спирометрию.

Для улучшения качества исследования необходимо исключить факторы, которые могут оказать влияние на результаты спирометрии:

- курение и/или вейпинг и/или использование каль-

яна в течение 1 часа перед тестированием (чтобы избежать острого бронхоспазма из-за вдыхания дыма);

- употребление интоксикантов в течение 8 часов перед тестированием (во избежание проблем с координацией, пониманием и физическими возможностями);

- выполнение энергичных физических упражнений в течение 1 часа перед тестированием (во избежание возможного бронхоспазма, вызванного физической нагрузкой);

- одежда не должна существенно ограничивать полное расширение груди и живота (чтобы избежать внешних ограничений на функцию легких);

- спирометрия проводится в первой половине дня после предварительного 20-минутного отдыха, до или через 7 дней после бронхоскопии.

Возможность применения бронхорасширяющих препаратов зависит от цели исследования. При необходимости оценить исходное состояние вентиляционной функции легких или провести бронходилатационный тест с целью выявления чувствительности к бронхолитику, следует прекратить использование бронхорасширяющих препаратов в зависимости от продолжительности их действия (табл. 1).

Таблица 1

Сроки отмены бронхорасширяющих препаратов перед проведением спирометрии [5]

Короткодействующие β_2 -агонисты (англ. <i>SABA</i> : салбутамол, альбутерол)	4-6 ч.
Короткодействующие антихолинергические (м-холинолитические) препараты (англ. <i>SAMA</i> : ипратропия бромид)	12 ч.
Длительнодействующие β_2 -агонисты (англ. <i>LABA</i> : сальметерол, формотерол)	24 ч.
β_2 -агонисты ультра-длительного действия (англ. <i>Ultra-LABA</i> : индакатерол, олодатерол, вилантерол)	36 ч.
Длительнодействующие антихолинергические (м-холинолитические) препараты (англ. <i>LAMA</i> : тиотропия бромид, аклидиния бромид, умеклидиния бромид, гликопиррония бромид)	36-48 ч.

Спирометрическое исследование выполняется в два этапа: при спокойном дыхании (спокойная спирометрия) и с максимальными усилиями на вдохе и выдохе (форсированная спирометрия). При спокойном дыхании регистрируется жизненная емкость легких (ЖЕЛ) и составляющие ее объемы и емкости: дыхательный объем (ДО) – объем вдоха или выдоха при обычном спокойном дыхании; резервный объем вдоха (Ровд) – максимальный объем воздуха, который человек может еще вдохнуть после спокойного вдоха; резервный объем выдоха (Ровыд) – максимальный объем воздуха, который человек может еще выдохнуть после спокойного выдоха. ЖЕЛ равна сумме этих 3 объемов (ЖЕЛ=Ровыд+ДО+Ровд).

Если маневры при измерении ЖЕЛ проводят с максимальным усилием на вдохе и выдохе, то это форсированная спирометрия, а ЖЕЛ, измеренную при форсированном дыхании, называют форсированной жизненной емкостью легких (ФЖЕЛ). При проведении форсированной спирометрии строятся графики зависимости поток-объем (рис.). Представление результатов спирометрии в виде петли поток-объем является

наиболее простым для интерпретации и наиболее информативным.

Результаты спирометрии во многом зависят от правильности выполнения дыхательных маневров. Для корректной интерпретации показателей спирометрии необходимо быть уверенным в том, что исследование проведено в соответствии с критериями качества. В 2019 году АТО и ЕРО были опубликованы новые стандарты по контролю качества спирометрического исследования [5]. В таблице 2 представлены критерии, соблюдение которых позволит получить достоверные результаты спирометрии.

Проведение качественного спирометрического исследования, при его кажущейся простоте, является непростым испытанием как для пациента, так и для медицинского персонала. Только после выполнения не менее 3 технически удовлетворительных и воспроизводимых дыхательных маневров полученные результаты можно интерпретировать.

В таблице 3 перечислены параметры, которые обязательно должны быть представлены в итоговом протоколе спирометрического исследования.

Таблица 2

Критерии качества проведения спирометрии

1.	Выдох должен быть резким с самого начала (объем обратной экстраполяции кривой объем-время, определяющий момент начала выдоха, должен быть менее 5% ФЖЕЛ или 100 мл (берется наибольший из этих показателей)). В протоколе исследования должна быть отражена величина объема обратной экстраполяции*
2.	Достигнут один из трех критериев окончания форсированного выдоха: 1. Экспираторное плато (поток воздуха $\leq 0,025$ л за последнюю секунду форсированного выдоха); 2. Время форсированного выдоха ≥ 15 сек**; 3. Различие между наибольшими значениями ФЖЕЛ $\leq 0,150$ л.
3.	Выдох должен проводиться с максимальным усилием от начала и до самого его конца.
4.	Выдох не должен прерываться кашлем или смыканием голосовых связок в первую секунду форсированного выдоха.
5.	Необходимо получить воспроизводимые маневры: разница между ФЖЕЛ или ОФВ ₁ в 2 лучших маневрах (воспроизводимость) не должна превышать 150 мл.***

Примечание: * – более подробно с понятием «объем обратной экстраполяции» можно познакомиться в руководстве «Легочные функциональные тесты: от теории к практике» [6]; ** – выполнение данного критерия относится к пациентам с выраженной обструкцией дыхательных путей, у которых выдох значительно удлиняется и может продолжаться более 15 сек; *** – если разница между выполненными технически приемлемыми маневрами не соответствует этим критериям, рекомендуется провести дополнительные маневры, однако, нежелательно выполнять за одно исследование более 8 маневров, иногда между маневрами пациенту следует дать отдохнуть в течение нескольких минут.

Таблица 3

Основные параметры спирометрии

Параметр	Английская аббревиатура	Определение
ЖЕЛ	VC	жизненная емкость легких
ФЖЕЛ	FVC	форсированная жизненная емкость легких
ОФВ ₁	FEV ₁	объем форсированного выдоха за 1-ю секунду
ОФВ ₁ /ЖЕЛ	FEV ₁ /VC	отношение ОФВ ₁ к ЖЕЛ
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ	FEV ₁ /FVC	отношение ОФВ ₁ к ФЖЕЛ
СОС ₂₅₋₇₅	FEF ₂₅₋₇₅ MMEF	средняя объемная скорость в средней части форсированного экспираторного маневра между 25% и 75% ФЖЕЛ
ПОС	PEF	пиковая объемная скорость выдоха
Время выдоха	FET	время форсированного выдоха
Объем обратной экстраполяции	BEV	объем обратной экстраполяции

Для интерпретации параметров спирометрии используют их должные значения, с которыми сравнивают полученные результаты. Должная величина – это теоретически наиболее вероятная величина показателя, предсказанная по установленной у здоровых лиц зависимости между данным показателем и возрастом, полом и ростом. Ряд уравнений линейной регрессии каждого показателя на рост и возраст отдельно для мужчин и женщин представляет систему должных величин. Существует множество систем должных вели-

чин, рассчитанных для разных возрастных групп, в разных популяционных выборках. У взрослых широкое распространение получила рекомендованная в 1993 году ЕРО система должных значений Европейского общества угля и стали [1], в Российской Федерации – система должных величин, разработанная Р.Ф.Клемент и соавт. [2].

Однако время идет, и эти системы перестали соответствовать реалиям современного мира. Важным шагом в создании единой системы оценки спиромет-

рических данных стала работа экспертной группы ЕРО по стандартизации легочных функциональных тестов (Global Lung function Initiative — GLI). В 2012 году была опубликована система должных величин [7], универсальная для большинства рас в возрастном диапазоне от 3 до 95 лет. За несколько лет апробации GLI2012 показала хорошие результаты.

При наличии отклонений полученных значений от должного, а такое встречается чаще всего, важно понять — это отклонение допустимо (норма) или указывает на наличие заболеваний органов дыхания. Распределение параметров спирометрии в популяции соответствует нормальному распределению. Это значит, что распределение значений является куполообразным, симметричным относительно своего максимального значения, которое рассчитывают с помощью регрессионных уравнений и называют должным значением.

Возникает вопрос: при отклонении полученных результатов от должного значения — это отклонение допустимое (нормальное) или указывает на нарушение? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно определить, что мы называем нормальным отклонением. Нормальным отклонением (диапазоном нормальных значений) является такое отличие полученного результата от должного значения, которое наблюдается у 90% здоровых лиц. Для расчета диапазона нормальных значений изучаемого параметра используют следующую формулу:

$$90\% \text{ ДИ} = \text{Должное значение} \pm 1,645 \times SD,$$

где ДИ — доверительный интервал (диапазон нормальных значений), SD — стандартное отклонение (характеризует разброс (дисперсию) значений в популяции, вычисляют с помощью методов статистического анализа).

Из выше приведенной формулы следует, что у 10% здоровых лиц в популяции значения изучаемого параметра не соответствуют норме: у 5% они ниже, а у 5% — выше нормы.

Таким образом, нижняя граница нормы (НГН) рассчитывается по формуле

$$\text{НГН} = \text{Должное значение} - 1,645 \times SD$$

Однако до настоящего времени на практике для НГН параметров ЖЕЛ, ФЖЕЛ и ОФВ₁ чаще всего использовали фиксированное значение, а именно, 80% от должного значения (%долж.), что в отдельных случаях может приводить к существенным ошибкам при интерпретации функциональных показателей дыхания у взрослых, особенно пожилого и старческого возраста.

Наличие патологических отклонений каждого из показателей предлагается определять с одновременным использованием трех критериев границы нормы: НГН, z-критерия и фиксированного значения в %долж. Современный подход к интерпретации показателей спирометрии предлагает ориентироваться на НГН и z-критерий. По z-критерию определяют, насколько SD измеренная величина показателя отличается от его должного значения. Значения z-критерия от -1,645 до

+1,645 соответствуют 90% диапазону нормальных значений для всех показателей спирометрии.

В протоколе спирометрического исследования необходимо указывать, какая система должных величин была использована для интерпретации показателей.

Интерпретация результатов спирометрии строится на анализе основных спирометрических параметров: объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁), ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ₁/ЖЕЛ, ОФВ₁/ФЖЕЛ. ОФВ₁ — наиболее воспроизводимый и часто используемый в клинической практике показатель спирометрии. По данным популяционных исследований ОФВ₁ представляет собой достаточно постоянную долю ФЖЕЛ, независимо от размера легких.

При обструктивных нарушениях вентиляции легких отношение ОФВ₁/ЖЕЛ и ОФВ₁/ФЖЕЛ снижаются и становится меньше НГН, поскольку ОФВ₁ уменьшается соответственно тяжести обструкции, тогда как ЖЕЛ и ФЖЕЛ при этом могут также снизиться, но, как правило, в меньшей степени. Необходимо обратить внимание, что при обструкции дыхательных путей ФЖЕЛ снижается в большей степени, чем ЖЕЛ. Следовательно, отношение ОФВ₁/ФЖЕЛ может сохраняться в пределах нормальных значений при снижении ОФВ₁/ЖЕЛ. В работе О.И.Савушкиной и соавт. [8] были выявлены статистически значимые различия отношений ОФВ₁/ЖЕЛ и ОФВ₁/ФЖЕЛ у 50 пациентов с обструкцией дыхательных путей легкой степени. Среднее значение показателя ОФВ₁/ЖЕЛ составило 0,62, тогда как ОФВ₁/ФЖЕЛ — 0,7. Следовательно, отношение ОФВ₁/ЖЕЛ более информативно в выявлении обструктивных нарушений на ранних стадиях. Таким образом было показано, что регистрация спокойной ЖЕЛ при выполнении спирометрии повышает информативность данного метода в диагностике нарушений проходимости дыхательных путей. Поэтому настоятельно рекомендует выполнять спокойную спирометрию, а не ограничиваться проведением только форсированной спирометрии с тем, чтобы не пропустить ранние проявления обструктивных нарушений вентиляции легких.

Таким образом, ключевым моментом заключения о наличии нарушений легочной вентиляции по обструктивному типу является снижение отношения ОФВ₁/ЖЕЛ или ОФВ₁/ФЖЕЛ ниже НГН. Возникает вопрос: НГН — это какое-то фиксированное значение, или нет? В международных рекомендациях по хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) — Глобальная инициатива по хронической обструктивной болезни легких (GOLD — Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease) указано, что для подтверждения диагноза ХОБЛ отношение ОФВ₁/ФЖЕЛ после максимальной бронходилатации должно быть менее 0,7 (70%). Однако это касается именно ХОБЛ, а не функционального нарушения. Для констатации наличия обструктивных нарушений легочной вентиляции отношение ОФВ₁/ЖЕЛ (или ОФВ₁/ФЖЕЛ) должно

быть снижено, но при этом может быть выше 70%. Все зависит от возраста пациента.

У пациентов как мужского, так и женского пола $ОФВ_1/ЖЕЛ$ и $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ величины не постоянные, меняющиеся с возрастом. У здорового человека в возрасте 20-30 лет отношение $ОФВ_1/ЖЕЛ$ и $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ составляет 0,75–0,80. Однако с возрастом скорость выдоха снижается в большей степени, чем объем легких, и эти показатели уменьшаются. У детей, наоборот, скорость воздушного потока высокая, поэтому отношения $ОФВ_1/ЖЕЛ$ и $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ у них, как правило, выше и составляют более 0,9.

Использование в качестве НГН $ОФВ_1/ЖЕЛ$ и $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ фиксированного значения 0,7 (или 70%) может приводить к гипердиагностике обструктивных нарушений у лиц пожилого возраста и к гиподиагностике у взрослых моложе 40 лет и детей [9].

При обструктивных нарушениях вентиляции и при эмфиземе легких кривые поток-объем форсированного выдоха приобретают характерный вид (рис. в-е).

При обструкции верхних дыхательных путей, обусловленной стенозом трахеи различной этиологии, обтурацией инородным телом глотки, гортани, трахеи, а также при параличе голосовых связок с фиксированным стенозом, экспираторные и инспираторные потоки снижаются в равной степени, скорости экспираторного и инспираторного потоков на уровне 50% ФЖЕЛ приблизительно равны, кривая поток-объем форсированного выдоха уплощена, лишена вершины, пик потока отсутствует (рис. з).

Рестриктивные нарушения легочной вентиляции диагностируются в случае снижения общей емкости легких. Следовательно, по результатам спирометрии можно лишь высказать предположение о наличии рестрикции (при снижении ЖЕЛ и сохранении в пределах нормальных значений отношений $ОФВ_1/ЖЕЛ$ и $ОФВ_1/ФЖЕЛ$). Скоростные показатели форсированного выдоха могут оставаться в границах физиологической нормы или снижаться пропорционально снижению ЖЕЛ.

Рестриктивные нарушения легочной вентиляции могут быть обусловлены:

- процессами, снижающими растяжимость легких и, следовательно, ограничивающими наполнение легких воздухом (рис. и);
- удалением большей части легочной ткани или целого легкого (пульмонэктомией) (рис. к);
- диффузными интерстициальными заболеваниями легких, обширной воспалительной инфильтрацией легочной ткани, гипоплазией и ателектазами легкого;
- плевродезом (рис. л);
- состояниями, которые не связаны с легочной патологией, но делают невозможным выполнение глубокого полноценного вдоха, например: выпот в плевральную полость, поражение опорно-двигательного аппарата, дыхательной мускулатуры, нарушение

регуляции дыхания при угнетении дыхательного центра или его повреждении опухолью, кровоизлиянием, парез диафрагмы (рис. м).

Необходимо обратить внимание, что отсутствие отклонений от нормы показателей спирометрии не исключает наличие у пациента рестриктивного типа вентиляционных нарушений, так как снижение общей емкости легких может быть обусловлено снижением остаточного объема легких при сохранении ЖЕЛ в пределах нормальных значений.

Смешанные (обструктивно-рестриктивные) нарушения легочной вентиляции развиваются при процессах, вызывающих сочетанное снижение легочных объемов и сужение просвета дыхательных путей. При проведении спирометрии регистрируется одновременное, но не всегда пропорциональное снижение всех ключевых диагностических параметров: ЖЕЛ, ФЖЕЛ, $ОФВ_1$, $ОФВ_1/ЖЕЛ$ и $ОФВ_1/ФЖЕЛ$. Как и в случае рестриктивных нарушений, для диагностики смешанного паттерна необходимы дополнительные исследования (бронходилатационный тест, измерение общей емкости легких [6]).

Наличие сохраненных значений ЖЕЛ, ФЖЕЛ, $ОФВ_1/ЖЕЛ$ и $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ означает, что нарушений легочной вентиляции не выявлено. Однако это не означает, что нет заболеваний органов дыхания. Могут потребоваться дополнительные исследования для выяснения причины респираторных жалоб или симптомов, такие как бронходилатационный тест или бронхопровокационный тест при подозрении на бронхиальную астму, исследование диффузионной способности легких при наличии одышки [6]. Спирометрия является первым начальным этапом функционального исследования системы дыхания.

Для оценки тяжести вентиляционных нарушений в большинстве случаев используют степень отклонения $ОФВ_1$ от должного значения (табл. 4).

Однако необходимо отметить, что степень вентиляционных нарушений не всегда строго коррелирует с тяжестью клинических проявлений заболеваний органов дыхания. Кроме того, по изменениям $ОФВ_1$ не рекомендуется оценивать степень тяжести обструкции верхних дыхательных путей, так как даже при незначительном снижении $ОФВ_1$ ее клинические проявления могут быть значительно более выраженными.

Для определения тяжести обструктивных нарушений не рекомендуется использовать отношение $ОФВ_1/ФЖЕЛ$, поскольку при прогрессировании заболевания $ОФВ_1$ и ФЖЕЛ снижаются, а их соотношение может быть близким к нормальному. Тем не менее, отношение $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ помогает оценить тяжесть вентиляционных нарушений у людей с исходно большим объемом легких. В этих случаях $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ может быть очень низким (0,5 и менее), а $ОФВ_1$ будет соответствовать обструкции легкой степени.

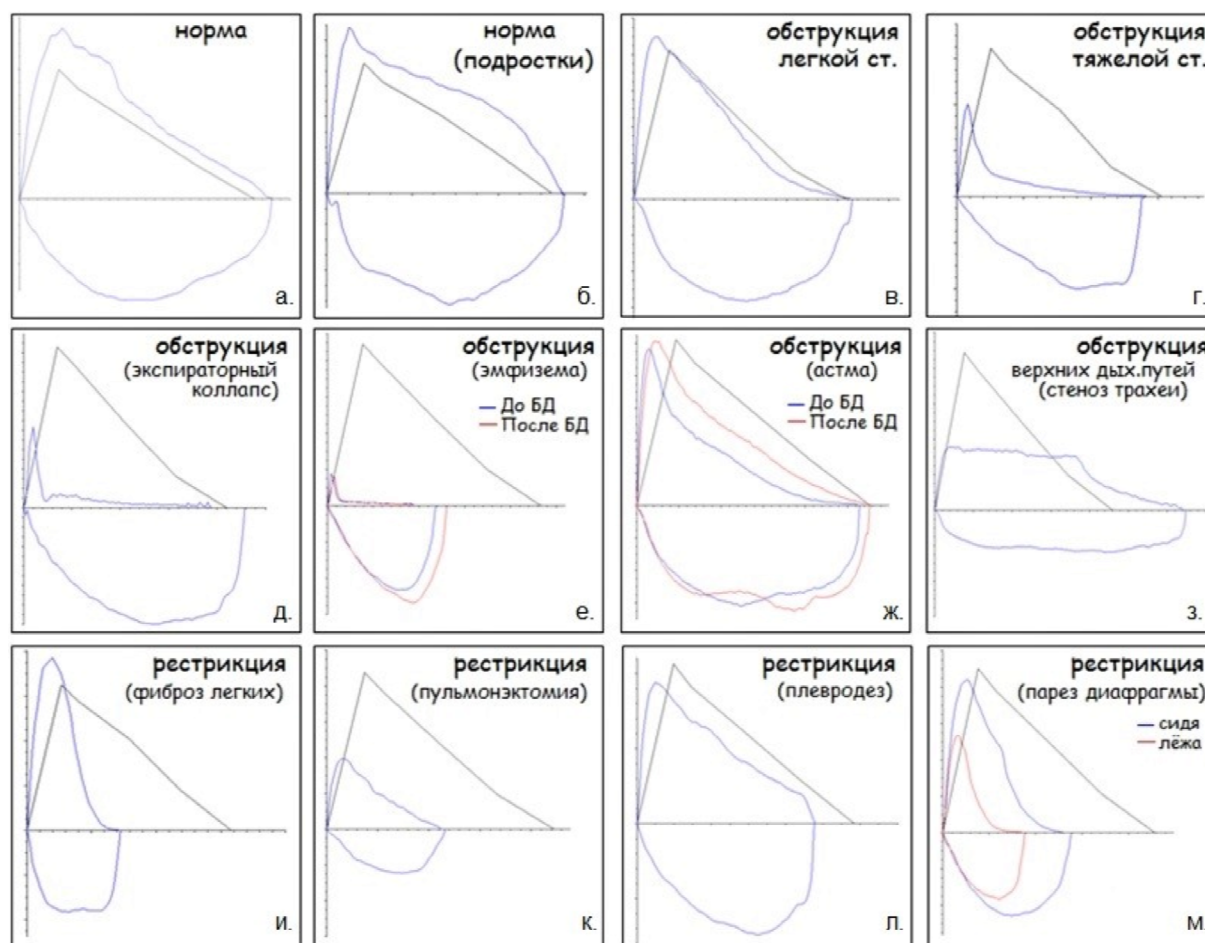


Рис. Кривые поток-объем форсированного выдоха в норме (а, б), при обструкции дыхательных путей (в-д), при эмфиземе легких (е), до (синяя кривая) и после применения бронхорасширяющего препарата (красная кривая) (ж), при фиксированной обструкции верхних дыхательных путей (з), при рестрикции (и-м). БД – бронхолитик.

Таблица 4

Степень тяжести снижения ОФВ₁ [10]

Степень тяжести	ОФВ ₁ , %долж.
Легкая	>70
Умеренная	60-69
Средне тяжелая (значительная)	50-59
Тяжелая (резкая)	35-49
Крайне тяжелая (крайне резкая)	<35

Таким образом, современный протокол исследования включает в себя необходимую информацию о пациенте (рост, пол, возраст, масса тела, индекс массы тела), условиях окружающей среды (температура, атмосферное давление, относительная влажность), системе должных величин (ESSC1993 или GLI2012), о качестве измерения (время форсированного выдоха, объем обратной экстраполяции), результатах исследования, оценке нарушений (%долж., нижняя граница нормы, z-критерий).

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Исследование проводилось без участия спонсоров

This study was not sponsored

ЛИТЕРАТУРА

1. Quanjer Ph.H., Tammeling G.J., Cotes J.E., Pedersen O.F., Peslin R., Yernault J-C. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society // *Eur. Respir. J.* 1993. Vol.6, Suppl.16. P.5–40. doi: 10.1183/09041950.005s1693
2. Клемент Р.Ф., Лаврушин А.А., Тер-Погосян П.А., Котеков Ю.М. Инструкция по применению формул и таблиц должных величин основных спирографических показателей. Л.: ВНИИ пульмонологии МЗ СССР, 1986. 79 с.
3. Клемент Р.Ф. Принципиальные и методические основы разработки единой системы должных величин // Современные проблемы клинической физиологии дыхания: сборник научных трудов / под ред. Р.Ф.Клемента, В.К.Кузнецовой. Л.: ВНИИ пульмонологии МЗ СССР, 1987. С.5–19.
4. Чучалин А.Г., Айсанов З.Р., Чикина С.Ю., Черняк А.В., Калманова Е.Н. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии // Пульмонология. 2014. №6. С.11–23. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2014-0-6-11-24>
5. Graham B.L., Steenbruggen I., Miller M., Barjaktarevic I.Z., Cooper B.G., Hall G.L., Hallstrand T.S., Kaminsky D.A., McCarthy K., McCormack M.C., Oropez C.E., Rosenfeld M., Stanojevic S., Swanney† M.P., Thompson B.R. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2019. Vol.200, №8. P.70–88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST
6. Легочные функциональные тесты: от теории к практике. Руководство для врачей / под ред. О.И.Савушкиной, А.В.Черняка. М.: Фирма Стром, 2017. 192 с.
7. Quanjer P.H., Stanojevic S., Cole T.J., Baur X., Hall G.L., Culver B.H., Enright P.L., Hankinson J.L., Ip M.S.M., Zheng J., Stocks J. and the ERS Global Lung Function Initiative. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations // *Eur. Respir. J.* 2012. Vol.40, №6. P.1324–1343. doi: 10.1183/09031936.00080312.
8. Савушкина О.И., Черняк А.В., Каменева М.Ю., Крюков Е.В., Зайцев А.А. Возможности импульсной осциллометрии в диагностике обструкции дыхательных путей легкой степени выраженности // Пульмонология. 2018. Т.28, №4. С.391–398. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2018-28-4-391-398>
9. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Update 2019. URL: <https://goldcopd.org>.
10. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V., Crapo R.O., Burgos F., Casaburi R., Coates A., van der Grinten C.P.M., Gustafsson P., Hankinson J., Jensen R., Johnson D.C., MacIntyre N., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pedersen O.F., Wanger J. Interpretative strategies for lung function tests // *Eur. Respir. J.* 2005. Vol.26, №5. P.948–968. doi: 10.1183/09031936.05.00035205

REFERENCES

1. Quanjer Ph.H., Tammeling G.J., Cotes J.E., Pedersen O.F., Peslin R., Yernault J-C. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur. Respir. J.* 1993; 6(Suppl.16):5–40. doi: 10.1183/09041950.005s1693
2. Klement R.F., Lavrushin A.A., Ter-Pogosyan P.A., Kotegov Yu.M. Instructions for using formulas and tables of proper values of basic spirometric indices. Leningrad; 1986 (in Russian).
3. Klement R.F. Fundamental and methodological bases for the development of a unified system of predicted values. In: Modern problems of clinical respiratory physiology. Leningrad; 1987: 5–19 (in Russian).
4. Chuchalin A.G., Aysanov Z.R., Chikina S.Y., Chernyak A.V., Kalmanova E.N. Federal guidelines of Russian Respiratory Society on spirometry. *Russian Pulmonology* 2014; (6):11–24 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2014-0-6-11-24>
5. Graham B.L., Steenbruggen I., Miller M., Barjaktarevic I.Z., Cooper B.G., Hall G.L., Hallstrand T.S., Kaminsky D.A., McCarthy K., McCormack M.C., Oropez C.E., Rosenfeld M., Stanojevic S., Swanney† M.P., Thompson B.R. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2019; 200(8):e70–e88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST
6. Savushkina O.I., Cherniak A.V., editors. Pulmonary Function Tests: from Theory to Practice. Guide for doctors. Moscow: Firm Strom; 2017 (in Russian).
7. Quanjer P.H., Stanojevic S., Cole T.J., Baur X., Hall G. L., Culver B.H., Enright P.L., Hankinson J. L., Ip M.S.M., Zheng J., Stocks J. and the ERS Global Lung Function Initiative. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur. Respir. J.* 2012; 40(6):1324–1343. doi: 10.1183/09031936.00080312
8. Savushkina O.I., Chernyak A.V., Kameneva M.Yu., Kryukov E.V., Zaytsev A.A. A role of impulse oscillometry for diagnosis of mild bronchial obstruction. *Pulmonologiya* 2018; 28(4):391–398 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869->

0189-2018-28-4-391-398

9. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Update* 2019. Available at: <https://goldcopd.org>

10. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V., Crapo R.O., Burgos F., Casaburi R., Coates A., van der Grinten C.P.M., Gustafsson P., Hankinson J., Jensen R., Johnson D.C., MacIntyre N., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pedersen O.F., Wanger J. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2005; 26(5):948–968. doi: 10.1183/09031936.05.00035205

Информация об авторах:

Александр Владимирович Черняк, канд. мед. наук, зав. лабораторией функциональных и ультразвуковых методов исследования, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России; e-mail: achi2000@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2001-5504>

Ольга Игоревна Савушкина, канд. биол. наук, зав. отделением исследований функции внешнего дыхания, Центр функционально-диагностических исследований, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н.Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; e-mail: olga-savushkina@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7486-4990>

Author information:

Alexander V. Cherniak, MD, PhD (Med.), Head of the Laboratory of Functional and Ultrasonic Research Methods, Pulmonology Scientific Research Institute of Federal Medical and Biological Agency; e-mail: achi2000@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2001-5504>

Ol'ga I. Savushkina, PhD (Biol.), Head of the Department of Lung Function Testing, Center of Functional Diagnostic Investigations, Acad. N.N.Burdenko Main Military Clinical Hospital of Russian Federation Ministry of Defence; e-mail: olga-savushkina@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7486-4990>

Поступила 17.07.2020
Принята к печати 30.07.2020

Received July 17, 2020
Accepted July 30, 2020