

# Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии

*А.Г.Чучалин<sup>1</sup>, З.Р.Айсанов<sup>1</sup>, С.Ю.Чикина<sup>1</sup>, А.В.Черняк<sup>1</sup>, Е.Н.Калманова<sup>2</sup>*

1 – ФГБУ "НИИ пульмонологии" ФМБА России; 105077, Москва, ул. 11-я Парковая, 32, корп. 4;

2 – ГБУЗ "Городская клиническая больница № 57" Департамента здравоохранения г. Москвы; 105077, Москва, ул. 11-я Парковая, 32

## Резюме

Данные Рекомендации посвящены основному методу исследования легочной функции – спирометрии. Спирометрия представляет собой неинвазивный метод измерения воздушных потоков и объемов как функции времени с использованием форсированных маневров. Данные Рекомендации разработаны на основе международных документов по стандартизации спирометрии и интерпретации ее результатов с учетом комментариев врачей первичного звена и участковых терапевтов относительно доступности изложения и оценки их важности как рабочего инструмента для повседневной практики. Спирометрия используется для диагностики, мониторинга состояния больных, экспертной оценки нетрудоспособности, в эпидемиологических и клинических исследованиях. Спирометрическое исследование проводится как при спокойном, так и при форсированном дыхании. Все спирометры должны удовлетворять минимальным техническим требованиям и ежедневно калиброваться. Рассматриваются основные спирометрические показатели и их изменения при обструктивных, рестриктивных и смешанных вентиляционных нарушениях, а также методика выполнения и расчет результатов бронходилатационного теста.

**Ключевые слова:** спирометрия, клинические рекомендации, стандартизация, интерпретация.

## Federal guidelines of Russian Respiratory Society on spirometry

*A.G.Chuchalin<sup>1</sup>, Z.R.Aysanov<sup>1</sup>, S.Yu.Chikina<sup>1</sup>, A.V.Chernyak<sup>1</sup>, E.N.Kalmanova<sup>2</sup>*

1 – Federal Institution "Pulmonology Research Institute", Federal Medical and Biological Agency of Russia: 32, build. 4, 11<sup>th</sup> Parkovaya ul., Moscow, 105077, Russia;

2 – State Institution "City Clinical Hospital N57", Moscow Healthcare Department: 32, 11<sup>th</sup> Parkovaya ul., Moscow, 105077, Russia

## Summary

This guidelines are focused on the principal method of lung function examination which is spirometry. Spirometry is a non-invasive method for measuring airflow and air volumes as a function of time using forced maneuvers. This guidelines are based on international documents on spirometry standardization and interpretation and considered opinions of primary care physicians and general practitioners about comprehension and importance of these guidelines as an everyday practical tool. Spirometry is widely used for diagnosis, monitoring, expertise of invalidity, in epidemiological surveys and clinical trials. Spirometry could be performed under tidal breathing or forced maneuvers. All spirometers should fit minimal technical requirements and should be calibrated daily. Main spirometric parameters and their changes in patients with obstructive, restrictive or mixed ventilation disorders have been reviewed in the guidelines. Bronchodilator test has also been described.

**Key words:** spirometry, guidelines, standardization, interpretation.

## Методология

### Методы, использованные для сбора / селекции доказательств

Поиск в электронных базах данных.

### Оценка качества и силы доказательств

Международные критерии, которые используются для оценки качества и силы доказательств, положенных в основу данных Рекомендаций и неприменимых к отдельным методам исследования, не применялись.

### Описание разработки и валидации Рекомендаций

Настоящие Рекомендации были разработаны на основе международных документов по стандартизации спирометрии и интерпретации ее результатов.

В предварительной версии Рекомендации были рецензированы независимыми экспертами, проком-

ментированными прежде всего доступность данных Рекомендаций для понимания практическими врачами.

Получены комментарии врачей первичного звена и участковых терапевтов относительно доступности изложения и оценки важности Рекомендаций как рабочего инструмента повседневной практики.

Комментарии, полученные от экспертов, тщательно систематизировались и обсуждались председателем и членами рабочей группы. Обсуждался каждый пункт, регистрировались все изменения, внесенные в Рекомендации. Если же изменения не вносились, то регистрировались причины отказа от внесения изменений.

### Консультация и экспертная оценка

Предварительная версия была выставлена для широкого обсуждения на сайте Российского респираторного общества, для того чтобы специалисты,

не принимавшие участие в Конгрессе, получили возможность участвовать в обсуждении и совершенствовании Рекомендаций.

Проект Рекомендаций был рецензирован также независимыми экспертами, прокомментировавшими прежде всего доступность изложения и точность фактического материала, лежащего в основе Рекомендаций.

### Рабочая группа

Для окончательной редакции и контроля качества Рекомендации были повторно проанализированы членами рабочей группы, которые пришли к заключению, что все замечания и комментарии экспертов приняты во внимание, риск систематических ошибок при разработке рекомендаций сведен к минимуму.

### Определение

Спирометрия представляет собой неинвазивный метод измерения воздушных потоков и объемов как функции времени с использованием форсированных маневров [1].

### Показания к проведению спирометрии [2]

#### Диагностика:

- 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 функционального состояния перед участием пациента в программах с физическими нагрузками высокого уровня.

#### Наблюдение:

- оценка эффективности лечебных мероприятий;
- мониторинг течения заболевания с нарушением легочной функции;
- наблюдение популяций лиц, подвергающихся воздействию неблагоприятных факторов;
- мониторинг побочных эффектов лекарств с известной способностью вызывать повреждение легких.

#### Экспертная оценка нетрудоспособности:

- обследование больного перед началом реабилитации;
- оценка рисков как части экспертной оценки нетрудоспособности;
- экспертная оценка состояния здоровья по другим юридическим поводам.

#### Общественное здоровье:

- эпидемиологические исследования;
- расчет должных значений спирометрических показателей;
- клинические исследования.

### Противопоказания

Абсолютные противопоказания для проведения спирометрии отсутствуют, однако маневр форсированного выдоха следует выполнять с осторожностью:

- у больных с развившимся пневмотораксом и в течение 2 нед. после его разрешения [3];
- в первые 2 нед. после развития инфаркта миокарда, после офтальмологических и полостных операций [3];
- при выраженном продолжающемся кровохарканье [3];
- при тяжелой бронхиальной астме (БА) [3].

### Технические условия

Все спирометры должны удовлетворять минимальным достаточным для повседневной клинической практики техническим требованиям, соблюдение которых необходимо для точности измерений и минимизации вариабельности результатов. В отдельных ситуациях, например, в некоторых клинических исследованиях, объем технических требований может быть увеличен.

С помощью спирометра оценивается объем воздуха в течение  $\geq 15$  с и измеряются объемы  $\geq 8$  л с точностью как минимум  $\pm 3\%$  или  $\pm 0,05$  л, а воздушные потоки – от 0 до 14 л / с [2]. Для оптимального контроля качества измерений спирометр должен быть оснащен дисплеем, на котором отражаются кривые "поток–объем" или "объем–время" (для визуальной оценки каждого выполненного маневра перед началом следующего). Для оценки воспроизводимости повторных маневров в течение 1 исследования желательно, чтобы в данном исследовании все кривые на дисплее накладывались друг на друга.

### Калибровка спирометра

Все спирометрические параметры измеряются при условиях окружающей среды АТРС (*Ambient Temperature Pressure Saturated* – лабораторные условия); условия измерения: температура ( $T_{\text{атм.}}$ ) и давление ( $P_{\text{атм.}}$ ) окружающей среды при полном насыщении водяным паром ( $P_{\text{H}_2\text{O}}$  = давление насыщенного пара при  $T_{\text{атм.}}$ ). Полученные данные преобразуются в условия измерения ВТРС (*Body Temperature Pressure Saturated* – условия организма): температура тела ( $37^\circ\text{C} = 310^\circ\text{K}$ ), окружающее давление ( $P_{\text{атм.}}$ ) и полное насыщение водяным паром ( $P_{\text{H}_2\text{O}} = 6,3$  кПа) [2]. При калибровке спирометра вносятся соответствующие поправки.

Как правило, все спирометры рассчитаны на работу при температуре окружающего воздуха  $\geq 17^\circ\text{C}$  и при снижении температуры результаты измерений могут искажаться. Если спирометр рассчитан на работу при более низких температурах, это должно быть указано в инструкции производителя [2].

Перед началом работы необходимо калибровать спирометр (табл. 1) – это неотъемлемая часть международных требований качественной лабораторной практики.

Таблица 1  
Варианты и периодичность калибровки спирометра [2]  
Table 1  
Modes and timing of spirometer calibration [2]

Параметр	Минимальная периодичность	Действие
Объем	Ежедневно	Калибровка 3-литровым калибровочным шприцем
Утечка воздуха	Ежедневно	Постоянное давление 3 см вод. ст. (0,3 кПа) в течение 1 мин
Линейность	Еженедельно	Тестирование как минимум при 3 разных диапазонах потока
Время	1 раз в 3 мес.	Проверка механического счетчика времени с помощью секундомера
Программное обеспечение	Обновление версии	Регистрация данных инсталляции и выполнение теста у "известного пациента"

Калибровка – это процедура, во время которой устанавливается взаимосвязь между параметрами потоков и объемов, рассчитанными сенсором, и реальными величинами. Помимо этого существует процедура проверки калибровки, во время которой исследователь удостоверяется, что спирометр по-прежнему находится в пределах калибровки ( $\pm 3\%$  параметров калибровки) [2]. Если спирометр не соответствует параметрам калибровки, калибровка выполняется заново. Проверка калибровки проводится ежедневно или чаще, если это оговорено в инструкции от производителя.

Объем шприца, используемого для калибровки объема, должен составлять 3 л и иметь точность  $\pm 15$  мл, или  $\pm 0,5\%$  всего диапазона измерений [2]. Калибровка самого шприца проводится с периодичностью, указанной в инструкции производителя. Время от времени (ежемесячно) шприцы проверяются на утечку воздуха; для этого производится попытка опорожнения шприца при закрытом выходном отверстии. Внеплановые калибровки шприца проводятся при его повреждении.

Калибровочный шприц должен храниться в помещении при тех же температуре и влажности воздуха, что и в помещении, где проводится спирометрия. Хранится калибровочный шприц рядом со спирометром, но вне доступа прямых солнечных лучей и вдали от источников тепла.

Калибровка объема выполняется не реже 1 раза в день однократным введением в спирометр 3 л воздуха из калибровочного шприца [2]. Благодаря ежедневной калибровке выявляются нарушения точности измерений в пределах 1 дня. В особых ситуациях (при скрининге больших популяций, быстром изменении температуры воздуха и т. д.) требуется более частая калибровка.

Спирометры для измерения потока и объема должны ежедневно проверяться на предмет утечки воздуха. Для обнаружения утечки создается постоянное положительное давление  $\geq 3$  см вод. ст. (0,3 кПа) на выходе спирометра (желательно с учетом загубника). При наличии утечки объем через 1 мин снизится на  $> 30$  мл [2].

Спирометры для измерения объема не реже 1 раза в 3 мес. следует калибровать пошагово на протяжении всего измеряемого диапазона с помощью калибровочного шприца или другого эквивалентно-

го стандартного объема. Измеренный объем должен отличаться от должного на  $\pm 3,5\%$  ( $\leq 65$  мл) [2].

Спирометры для измерения потока должны калиброваться ежедневно с помощью 3-литрового шприца, который опорожняется как минимум трижды с целью получения нескольких потоков между 0,5 и 12 л / с. Объем воздуха при каждом потоке должен соответствовать требованиям точности на  $\pm 3,5\%$  [2].

### Методика исследования

Объем легких измеряется 2 способами:

- непосредственно измеряются объем выдыхаемого или выдыхаемого воздуха и время. Строится график зависимости объема легких от времени – кривая "объем–время" (спирограмма) (рис. 1А);
- измеряются показатели потока и времени, а объем рассчитывается путем умножения полученных значений. Строится график зависимости объемной скорости потока от объема легких – кривая "поток–объем" (см. рис. 1В).

Таким образом, обе кривые отражают одинаковые параметры: интегральное выражение скорости воздушного потока (СВП) дает объем, который, в свою очередь, можно представить как функцию времени. И наоборот, объем выдыхаемого воздуха дифференцируется относительно времени с целью определения скорости потока. Представление результатов спирометрии в виде кривой "поток–объем" является простым для интерпретации и наиболее информативным.

Спирометрическое исследование проводится при спокойном и форсированном дыхании.

При *спокойном дыхании* оценивается паттерн дыхания, определяется жизненная емкость легких (ЖЕЛ) и ее составляющие – резервный объем выдоха ( $RO_{\text{вд}}$ ) и емкость вдоха ( $E_{\text{вд}}$ ). ЖЕЛ (максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть или выдохнуть) – основной показатель, получаемый при спирометрии на фоне спокойного дыхания. Измерение ЖЕЛ может быть проведено одним из способов [4]:

- ЖЕЛ вдоха ( $ЖЕЛ_{\text{вд}}$ ): измерение производится у пациента в расслабленном состоянии без излишней спешки, но в то же время и без умышленного его сдерживания. После полного выдоха делается максимально глубокий вдох;

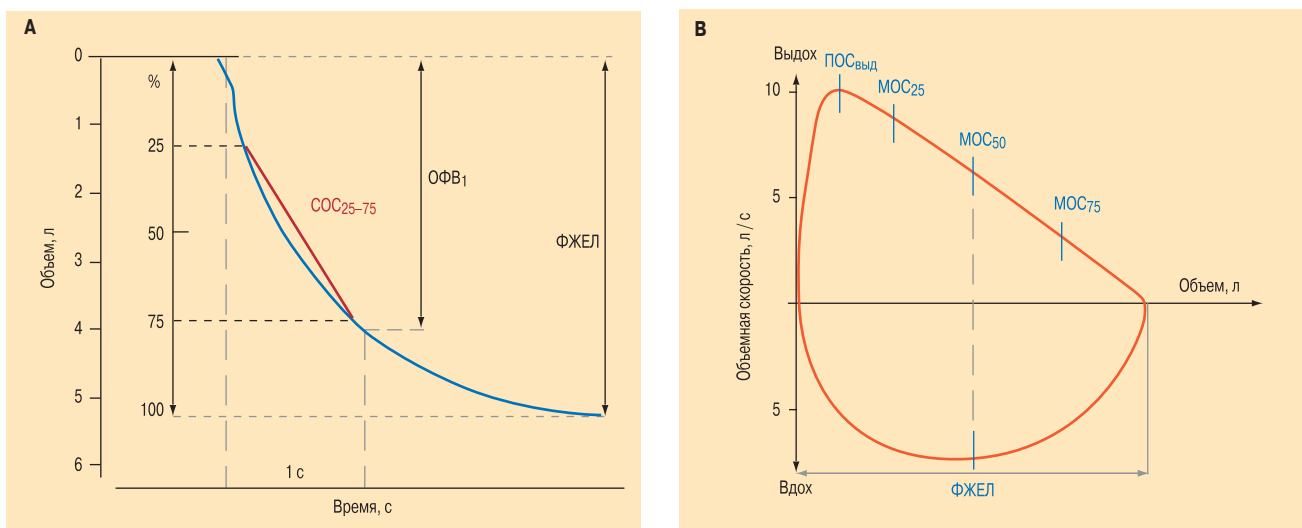


Рис. 1. А – спирограмма форсированного выдоха; В – нормальная петля "поток–объем", полученная при максимальных вдохе и выдохе  
 Примечание: ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ<sub>1</sub> – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду; СОС<sub>25–75</sub> – средняя скорость форсированного экспираторного потока на уровне 25–75 % ФЖЕЛ; ПОС<sub>выд</sub> – пиковая объемная скорость, равная 10,3 л / с; МОС<sub>25</sub>, МОС<sub>50</sub> и МОС<sub>75</sub> – максимальные объемные скорости, когда пациент выдохнул 25, 50 и 75 % объема ФЖЕЛ, равные 8,8, 6,3 и 3,1 л / с соответственно; МОС<sub>50вд</sub> – максимальная объемная скорость, когда пациент вдохнул 50 % ФЖЕЛ, равная 7,5 л / с (обычно МОС<sub>50вд</sub> > МОС<sub>50выд</sub>, в 1,5 раза).

Fig. 1. Forced spirometry: А – normal volume–time curve; В – maximal inspiratory and expiratory flow rate  
 Notes: FVC, forced vital capacity of the lungs; FEV<sub>1</sub>, forced expiratory volume in 1 s; MMEF<sub>25–75</sub>, the mean forced expiratory flow between 25% and 75% of the FVC; PEF, peak expiratory flow rate equal to 10.3 L/s; MEF<sub>25</sub>, MEF<sub>50</sub> and MEF<sub>75</sub>, peak expiratory flows at 25%, 50% and 75% of FVC, respectively, equal to 8.8; 6.3 and 3.1 L/s, respectively; MIF<sub>50</sub>, maximal inspiratory flow at 50% FVC equal to 7.5 L/s. Typically, MIF50 is 1.5-fold higher.

- ЖЕЛ выдоха (ЖЕЛ<sub>выд</sub>): измерение производится аналогично описанному, из состояния максимально глубокого вдоха до полного выдоха;
- двустадийная ЖЕЛ: ЖЕЛ определяется в 2 этапа как сумма E<sub>вд</sub> и PO<sub>выд</sub>.

Для определения ЖЕЛ рекомендуется измерять ЖЕЛ<sub>вд</sub>; если это невозможно, то в качестве альтернативы может быть использован показатель ЖЕЛ<sub>выд</sub>. Двустадийная ЖЕЛ не рекомендуется для рутинного использования, однако ее определение иногда может быть полезно при обследовании пациентов с тяжелой одышкой.

С помощью маневра *форсированного выдоха* измеряются форсированная ЖЕЛ (ФЖЕЛ) и показатели объемной СВП.

Измерение ФЖЕЛ проводится различными способами (максимальный вдох делается после спокойного или полного выдоха, пауза перед форсированным выдохом делается или не делается). Предшествующий маневру ФЖЕЛ вдох оказывает существенное влияние на экспираторные скоростные показатели, поэтому для получения максимальных результатов исследования рекомендуется после спокойного выдоха делать максимально глубокий вдох и сразу же после этого без паузы выдохнуть весь воздух с максимальным усилием. Пауза на высоте вдоха может вызвать "стрессовое расслабление" со снижением эластической тяги и увеличением растяжимости дыхательных путей, что ведет к уменьшению скорости выдоха [4].

Маневр ФЖЕЛ можно разделить на 3 этапа: максимальный вдох, форсированный выдох и продолжение выдоха до конца исследования [2]. Исследователю рекомендуется сначала продемонстрировать пациенту правильное выполнение маневра.

Все исследования легочной функции выполняются при использовании носового зажима либо при зажатии ноздрей пальцами, загубник спирометра следует плотно обхватить губами и зубами. После максимально глубокого вдоха (от уровня функциональной остаточной емкости) пациент должен сделать мощный выдох с максимальным усилием, продолжая его до полного опорожнения легких. Во время выполнения маневра рекомендуется словами и жестами поощрять пациента делать максимально мощный выдох и продолжать его максимально долго. В то же время следует внимательно наблюдать за пациентом во избежание нежелательных явлений, связанных с резким и глубоким выдохом (например, синкопального состояния). Одновременно необходимо следить за графическим отражением результатов теста на дисплее спирометра и визуально оценивать качество маневра. Если пациент жалуется на головокружение или другое ухудшение самочувствия, следует сделать паузу до исчезновения нежелательных явлений или прекратить исследование. При уменьшении усилия при форсированном выдохе завышаются спирометрические показатели и неправильно интерпретируются результаты исследования [2].

### Подготовка к спирометрии

Перед началом исследования рекомендуется:

- проверить калибровку спирометра;
- задать пациенту вопросы о недавнем курении перед исследованием, имеющихся заболеваниях, использовании лекарственных препаратов, которые могут повлиять на результаты;
- измерить рост и массу тела больного;
- внести данные о пациенте в спирометр;

- правильно усадить обследуемого перед спирометром: с прямой спиной и слегка приподнятой головой. Спирометрию рекомендуется выполнять в положении больного сидя в неподвижном кресле с подлокотниками. Если при особых обстоятельствах требуется проведение исследования в положении пациента стоя или каком-либо другом, это должно быть отражено в протоколе исследования;
- объяснить и показать больному, как правильно выполнить дыхательный маневр;
- при наличии у пациента съемных зубных протезов не рекомендуется снимать их перед исследованием, чтобы не нарушать геометрию ротовой полости. Однако иногда плохо установленные протезы не позволяют герметично обхватывать загубник и становятся причиной утечки воздуха; в этой ситуации рекомендуется повторить дыхательный маневр после снятия протезов [2].

Курение должно быть исключено как минимум за 1 ч, употребление алкоголя – за 4 ч, значительные физические нагрузки – за 30 мин до исследования. Одежда не должна стягивать грудную клетку и живот обследуемого. В течение 2 ч перед исследованием не рекомендуется обильный прием пищи [3].

### Критерии качества спирометрии

**Начало исследования.** Начало теста (нулевая точка, от которой начинается измерение всех временных параметров спирометрии) определяется методом обратной экстраполяции, согласно которому, нулевая точка – это точка пересечения касательной линии с кривой "объем–время" до горизонтальной оси (рис. 2). Объем экстраполяции не должен превышать 5 % ФЖЕЛ, или 0,15 л [2]. Увеличение объема экстраполяции происходит при медленном начале маневра форсированного выдоха.

**Завершение исследования.** Для оценки достаточно экспираторного усилия пациента и определения

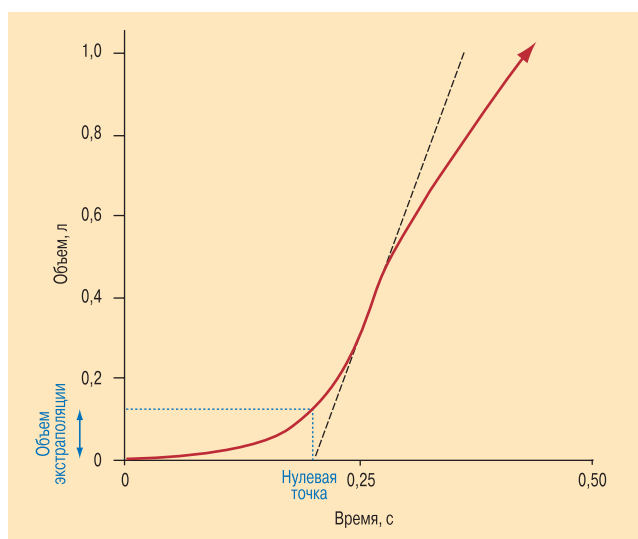


Рис. 2. Расчет объема обратной экстраполяции ( $V_{00}$ ) = 146 мл при ФЖЕЛ 3 л ( $V_{00}$  = 4,9 %)

Fig. 2. Calculation of back extrapolation volume which is equal to 146 mL; if FVC is 3 L back extrapolation volume is 4.9 %

момента завершения теста рекомендуется использовать 2 критерия:

- обследуемый не может продолжать выдох. Несмотря на активную словесную стимуляцию продолжать выдох как можно дольше пациент может прекратить дыхательный маневр в любой момент, особенно при появлении дискомфортных ощущений;
- объем на кривой "объем–время" перестает меняться ( $< 0,025$  л за  $\geq 1$  с) (кривая достигает плато), при этом длительность выдоха у детей 5–10 лет составляет  $\geq 3$  с, а у детей старше 10 лет и взрослых –  $\geq 6$  с. У пожилых пациентов с выраженной бронхиальной обструкцией для достижения плато нередко требуется  $> 6$  с, однако даже в этой ситуации не рекомендуется продолжать выдох больше 15 с. С другой стороны, плато может быть достигнуто слишком рано даже при продолжительности форсированного выдоха  $> 6$  с, если пациент перекрывает дыхательные пути надгортанником [2].

При несоблюдении критериев завершения теста полученные результаты не могут расцениваться как приемлемые. В то же время раннее завершение теста не является поводом для полного исключения результатов данного маневра из анализа; показатель  $ОФВ_1$ , полученный в маневре с ранним завершением выдоха, вполне приемлем.

**Кашель** не должен прерывать дыхательный маневр. Кашель в 1-ю секунду форсированного выдоха влияет на величину  $ОФВ_1$ .

**Утечка воздуха из ротовой полости.** При неполном прилегании губ к загубнику возникает утечка воздуха из ротовой полости, в результате спирометрические показатели занижаются. Некоторым больным со слабостью мышц, перенесшим мозговую инсульт, или пациентам пожилого возраста трудно поддерживать герметичный обхват загубника губами в течение всего исследования; в таких ситуациях рекомендуется дополнительная фиксация губ вокруг загубника пальцами рук. Иногда причиной утечки могут быть съемные зубные протезы; в этом случае рекомендуется проводить исследование со снятыми протезами.

**Обструкция загубника языком** возникает, если язык попадает перед загубником.

Для получения воспроизводимых результатов необходимо получить  $\geq 3$  технически удовлетворительных маневра, соответствующих перечисленным критериям приемлемости (рис. 3).

**Воспроизводимость дыхательных маневров.** Помимо технической приемлемости каждого маневра, оценивается степень вариабельности между ними (воспроизводимость). В критерии воспроизводимости включается разница между 2 наибольшими [2]:

- ФЖЕЛ  $\leq 150$  мл;
- $ОФВ_1 \leq 150$  мл;

Если абсолютные значения ФЖЕЛ не превышают 1 л, допустимая разница между маневрами должна составлять  $\leq 100$  мл.

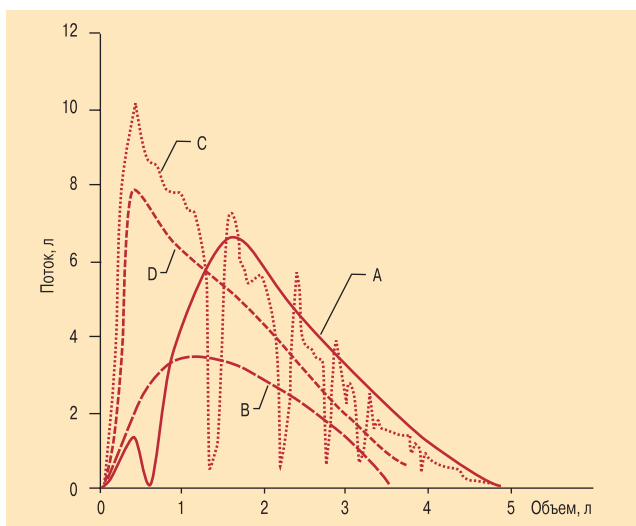


Рис. 3. Наиболее частые ошибки при выполнении маневра форсированного выдоха: А — медленное начало; В — недостаточное усилие; С — кашель; D — раннее завершение выдоха [5]

Fig. 3. Most frequent inaccuracies during forces expiratory maneuver: A — slow start of the expiration; B — inappropriate effort; C — cough; D — early quitting the expiration [5]

Если разница между выполненными технически приемлемыми маневрами не соответствует этим критериям, рекомендуется провести дополнительные маневры, однако нежелательно выполнять за 1 исследование > 8 маневров. Иногда между маневрами пациенту следует дать отдохнуть в течение нескольких минут.

### Показатели спирометрии

С помощью маневра форсированного выдоха измеряются показатели ФЖЕЛ и объемной СВП (ОФВ<sub>1</sub>; отношение ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ; максимальная усредненная объемная скорость — СОС<sub>25–75</sub>; МОС<sub>25–75</sub>; ПОС<sub>выд.</sub>) [4].

### ФЖЕЛ

ФЖЕЛ — максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть после максимально глубокого вдоха. ФЖЕЛ снижается при многих видах патологии, а повышается только в одном случае — при акромегалии. При этом заболевании все остальные легочные параметры остаются нормальными.

Причины снижения ФЖЕЛ:

- патология легочной ткани (резекция легких, ателектаз); состояния, при которых уменьшается растяжимость легочной ткани (фиброз, застойная сердечная недостаточность). При обструктивных легочных заболеваниях ФЖЕЛ также снижается за счет замедления опорожнения легких;
- патология плевры и плевральных полостей (утолщение плевры, плевральный выпот, опухоли плевры с распространением на легочную ткань);
- уменьшение размеров грудной клетки. Легкие не могут расправляться и спадаться в полной мере, если движения грудной стенки (в т. ч. брюшного компонента) ограничены;
- нарушение нормальной работы дыхательных мышц, в первую очередь диафрагмы, межребер-

ных мышц и мышц брюшной стенки, которые обеспечивают расправление и опустошение легких.

Таким образом, установление причины снижения ФЖЕЛ в каждом конкретном случае трудности не представляет.

Следует помнить, что ФЖЕЛ — это максимальная форсированная экспираторная ЖЕЛ. У пациентов с обструктивными заболеваниями легких ФЖЕЛ может быть существенно меньше, чем ЖЕЛ, измеренная при спокойном дыхании.

При тяжелых обструктивных заболеваниях легких время выдоха может превышать 15–20 с, а экспираторный поток в конце маневра может быть настолько мал, что с трудом воспринимается с помощью спирометра. Выполнение длительного форсированного выдоха может быть затруднительным и вызывать неприятные ощущения у пациента. Во избежание этих явлений вместо ФЖЕЛ в последнее время используется показатель объема воздуха, выдыхаемого за 6 с (ОФВ<sub>6</sub>). У здоровых лиц ОФВ<sub>6</sub> ненамного меньше ФЖЕЛ. Кроме того, ОФВ<sub>6</sub> лучше воспроизводится, чем ФЖЕЛ. Показатель отношения ОФВ<sub>1</sub> / ОФВ<sub>6</sub> отражает степень ограничения воздушного экспираторного потока и позволяет прогнозировать снижение ОФВ<sub>1</sub> у курильщиков. В отличие от маневра ФЖЕЛ, при более коротком маневре ОФВ<sub>6</sub>, не требующем достижения плато на кривой "объем–время", снижается риск развития синкопальных состояний у тяжелых больных во время исследования. Кроме того, уменьшается утомляемость как пациента, так и медицинский персонал. Вместе с тем должные величины ОФВ<sub>6</sub> разработаны не в полной мере, поэтому рекомендуется оперировать традиционным показателем ФЖЕЛ.

### ОФВ<sub>1</sub>

Из всех показателей наиболее важным является максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть за 1-ю секунду маневра ФЖЕЛ — ОФВ<sub>1</sub>. Он относительно независим от усилия, приложенного во время маневра выдоха, и отражает свойства легких и дыхательных путей. ОФВ<sub>1</sub> — наиболее воспроизводимый, часто используемый и самый информативный показатель спирометрии.

При снижении СВП, например, при эмфиземе, хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), БА, муковисцидозе ОФВ<sub>1</sub> снижается соответственно тяжести обструкции. ФЖЕЛ при этом также уменьшается, но, как правило, в меньшей степени. При рестриктивных нарушениях (ограничении расправления легких), например при легочном фиброзе, ОФВ<sub>1</sub> также снижается. Как различить, что явилось причиной снижения ОФВ<sub>1</sub> — рестрикция или обструкция? Для ответа на этот вопрос вычисляется показатель соотношения ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ.

### Соотношение ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ

Важным спирометрическим показателем является отношение ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ (%) — модификация индекса Тиффно (ОФВ<sub>1</sub> / ЖЕЛ<sub>вд.</sub>, где ЖЕЛ<sub>вд.</sub> — макси-

мальный объем воздуха, который можно вдохнуть после полного спокойного выдоха).  $ОФВ_1$  представляет собой достаточно постоянную долю ФЖЕЛ, независимо от размера легких. У здорового человека это соотношение составляет 75–85 %, но с возрастом скорость выдоха снижается в большей степени, чем объем легких, и показатель отношения несколько уменьшается. У детей, наоборот, скорость воздушного потока высокая, поэтому показатель отношения  $ОФВ_1 / ФЖЕЛ$  у них, как правило, выше, и составляет  $\geq 90$  %. При обструктивных нарушениях показатель отношения  $ОФВ_1 / ФЖЕЛ$  снижается, поскольку  $ОФВ_1$  снижается соответственно тяжести обструкции. ФЖЕЛ при этом также уменьшается, но, как правило, в меньшей степени. При легочной рестрикции без обструктивных изменений  $ОФВ_1$  и ФЖЕЛ снижаются пропорционально, следовательно, их соотношение будет в пределах нормальных величин или немного выше. Таким образом, при необходимости дифференцирования обструктивных и рестриктивных нарушений оценивается соотношение  $ОФВ_1 / ФЖЕЛ$ .

#### Другие показатели максимального экспираторного потока

$СОС_{25-75}$  — средняя объемная скорость в средней части форсированного экспираторного маневра между 25 и 75 % ФЖЕЛ. Этот показатель измеряется непосредственно по спирограмме либо рассчитываются по кривой "поток—объем". Считается, что при диагностике ранних стадий бронхиальной обструкции показатель  $СОС_{25-75}$  более чувствителен, чем  $ОФВ_1$  [7], однако у него более широкий диапазон нормальных значений.

МОС экспираторного потока на разных уровнях ФЖЕЛ (25, 50 и 75 % соответственно) (см. рис. 1В) не обладают высокой воспроизводимостью, подвержены инструментальной ошибке и зависят от приложенного экспираторного усилия, поэтому не играют существенной роли при определении типа и тяжести нарушений легочной вентиляции.

$ПОС_{выд.}$  (максимальная экспираторная скорость) — показатель, который измеряется в течение короткого отрезка времени сразу после начала выдоха (л / мин или л / с).  $ПОС_{выд.}$  в большей степени, чем другие показатели, зависит от усилия пациента: для получения воспроизводимых данных пациент должен в начале выдоха приложить максимум усилия. Существуют недорогие портативные приборы (пикфлоуметры) для измерения  $ПОС_{выд.}$  в домашних условиях и самоконтроля пациентами своего состояния, что получило широкое распространение у больных БА.

Все эти показатели, как и  $ОФВ_1$ , могут снижаться и у больных с рестриктивными нарушениями.

#### Максимальные инспираторные потоки

При помощи современных спирометров измеряются не только экспираторные, но и инспираторные потоки, в первую очередь, максимальный инспираторный поток (или  $ПОС_{вд.}$ ). При этом обследуемый выполняет маневр ФЖЕЛ, а затем делает максимально

быстрый и полный вдох, который отражается спирометром в виде инспираторной кривой. При сочетании кривых вдоха и выдоха отражается полная петля "поток—объем".

При повышенном сопротивлении дыхательных путей снижаются как экспираторные, так и инспираторные максимальные потоки. Однако в отличие от выдоха, при котором максимальные потоки ограничены, не существует механизмов, ограничивающих максимальные инспираторные потоки. Поэтому  $ПОС_{вд.}$  в большой степени зависит от приложенного усилия, а ее измерение не получило широкого распространения, за исключением выявления патологии верхних дыхательных путей (ВДП).

#### Особенности спирометрии у детей

Спирометрия может выполняться у детей не моложе 5 лет [2]. Большинство детей старше 9 лет способны выполнить маневр форсированного выдоха, удовлетворяющий тем же критериям, которые применимы у взрослых пациентов [6], однако для детей  $\leq 9$  лет необходимо соблюдать некоторые правила. Желательно, чтобы у специалиста, обследующего ребенка, имелся опыт выполнения функциональных исследований у детей. В лаборатории, в которой обследуются маленькие дети, должна быть очень доброжелательная атмосфера, можно использовать игрушки, соответствующие возрасту маленьких пациентов. Перед началом исследования ребенку следует доступно объяснить, что он должен делать. Хорошие результаты дает применение визуальной "обратной связи" (изображение свечей или других картинок на дисплее спирометра, меняющихся при выполнении ребенком форсированного выдоха). Даже если первые попытки были неудачными, продолжение исследования в большинстве случаев позволяет ребенку привыкнуть к обстановке и лучше выполнить дыхательный маневр. Не рекомендуется обследование детей в лабораториях для взрослых пациентов, где обстановка не адаптирована к особенностям детей [2].

Во время тестирования следует внимательно наблюдать за ребенком для своевременного устранения утечки воздуха и контроля над правильным выполнением дыхательного маневра [6]. Как и у взрослых, для оценки качества выполненного маневра используется метод обратной экстраполяции. Если объем обратной экстраполяции  $> 80$  мл (12,5 % ФЖЕЛ), этот маневр может быть сохранен для дальнейшего анализа при отсутствии других дефектов [6]. Для детей младшего возраста преждевременным завершением маневра форсированного выдоха считается прекращение маневра на уровне  $> 10$  %  $ПОС_{выд.}$  ФЖЕЛ и форсированные экспираторные потоки, полученные таким способом, не должны использоваться для анализа [6].

При проведении спирометрии у ребенка достаточно получить 2 приемлемых кривых "поток—объем", в которых ФЖЕЛ и  $ОФВ_1$  отличаются на  $\leq 0,1$  л (10 % максимальных значений). Но даже при получении единственной кривой, удовлетворяющей

техническим требованиям, она может использоваться для анализа, однако в протоколе исследования должны быть отражены число технически удовлетворительных маневров и степень воспроизводимости результатов. Как и у взрослых, для анализа у детей выбирается кривая с максимальными значениями ФЖЕЛ и ОФВ<sub>1</sub> [6].

У детей моложе 6 лет не должны использоваться должные величины, применяемые у взрослых пациентов. В литературе предлагается несколько различных уравнений для расчета должных величин у детей данного возраста [6].

## Интерпретация результатов

### Выбор результата для анализа

Результаты исследования анализируются по маневру с максимальными ФЖЕЛ и ОФВ<sub>1</sub> [2]. ФЖЕЛ и ОФВ<sub>1</sub> выбираются из  $\geq 3$  воспроизводимых технически приемлемых маневров.

### Должные величины

Для расчета должных величин показателей спирометрии существуют формулы и таблицы. В большинстве случаев исследований по разработке должных величин ограничиваются уравнениями расчета средних значений, которые получаются при обследовании здоровых некурящих лиц. В качестве фиксированного значения для нижней границы нормальных значений (НГН) ФЖЕЛ и ОФВ<sub>1</sub> практика использования 80 %<sub>долж.</sub> приемлема у детей, однако в таком случае возможны существенные ошибки при интерпретации функции легких у взрослых. Значительное число ложноположительных результатов (гиподиагностика ХОБЛ) у мужчин в возрасте старше 40 лет и у женщин старше 50 лет и гипердиагностика ХОБЛ у пожилых лиц, никогда не куривших и не имеющих характерных клинических симптомов, обуславливается использованием значения 70 % в качестве НГН для отношения ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ. С возрастом соотношение ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ снижается, поэтому в некоторых исследованиях для диагностики ХОБЛ у людей старше 70 лет рекомендуется использование 65%-ного порога нормы для ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ. Для скоростных показателей НГН составляет 60 %<sub>долж.</sub>

При выборе должных значений сравниваются данные, получаемые с помощью выбранных уравнений должных значений, с собственными измерениями, проведенными у репрезентативной выборки здоровых лиц. Выбираются те уравнения должных значений, при использовании которых разница между измеренными и рассчитанными значениями у взрослых является минимальной. У детей ориентируются на минимальную разницу логарифмов, измеренных и рассчитанных значений. Для уверенности, что выбранные должные значения приемлемы, обследуются  $\geq 100$  добровольцев, однако для большинства лабораторий это трудновыполнимо.

При использовании должных величин следует избегать экстраполяции за указанный диапазон роста и возраста. Если показатели возраста или роста па-

циента все же выходят за границы популяции, для которой были разработаны должные значения, то в интерпретации необходимо указать, что была проведена экстраполяция.

Должные величины зависят от антропометрических параметров (в основном роста), пола, возраста, расы. Чем выше рост человека, тем больше его легкие и протяженность дыхательных путей и, следовательно, максимальная экспираторная скорость. При вычислении нормальных значений для людей с кифосколиозом вместо значения роста в формулу следует поставить значение размаха рук. У женщин объем легких меньше, чем у мужчин такого же роста. С возрастом эластичность легочной ткани снижается, в результате происходит снижение объема и скорости выдоха. Вместе с тем следует принимать во внимание и индивидуальные вариации нормы. Например, легочные заболевания могут возникать у лиц с исходным показателем легочного объема и потоков выше среднего уровня и, несмотря на их снижение на фоне заболевания относительно исходных значений, они по-прежнему могут оставаться в пределах, нормальных для популяции в целом.

### Анализ результатов спирометрии

Интерпретация результатов спирометрии строится на анализе основных спирометрических параметров (ОФВ<sub>1</sub>, ЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub> / ЖЕЛ).

Интерпретация результатов функционального исследования должна быть четкой, краткой и информативной. Не рекомендуется простая констатация фактов (что какие-то показатели в норме, а какие-то снижены). К интерпретации результатов функционального исследования должны применяться принципы клинического принятия решения, где вероятность болезни после проведения исследования оценивается с учетом вероятности болезни до исследования, его качества, вероятности ложноположительной и ложноотрицательной интерпретации, и, наконец, непосредственно результатов исследования и должных значений. Часто это невозможно, потому что интерпретация многих исследований проводится при отсутствии какой-либо клинической информации. Для улучшения ситуации следует спрашивать у врачей, направляющих пациента на обследование, на какой клинический вопрос необходимо ответить, а у пациента до обследования – о цели его направления в лабораторию. Также рекомендуется сделать запись о респираторных симптомах (кашель, мокрота, хрипы, одышка), недавнем использовании бронхорасширяющих препаратов, анамнезе курения.

При учете клинического диагноза, данных рентгенограммы грудной клетки, концентрации гемоглобина и любых подозрений на нейромышечные заболевания или обструкцию ВДП интерпретация будет более точной.

### Обструктивные вентиляционные нарушения

Наиболее частое показание к проведению спирометрического исследования – выявление обструкции



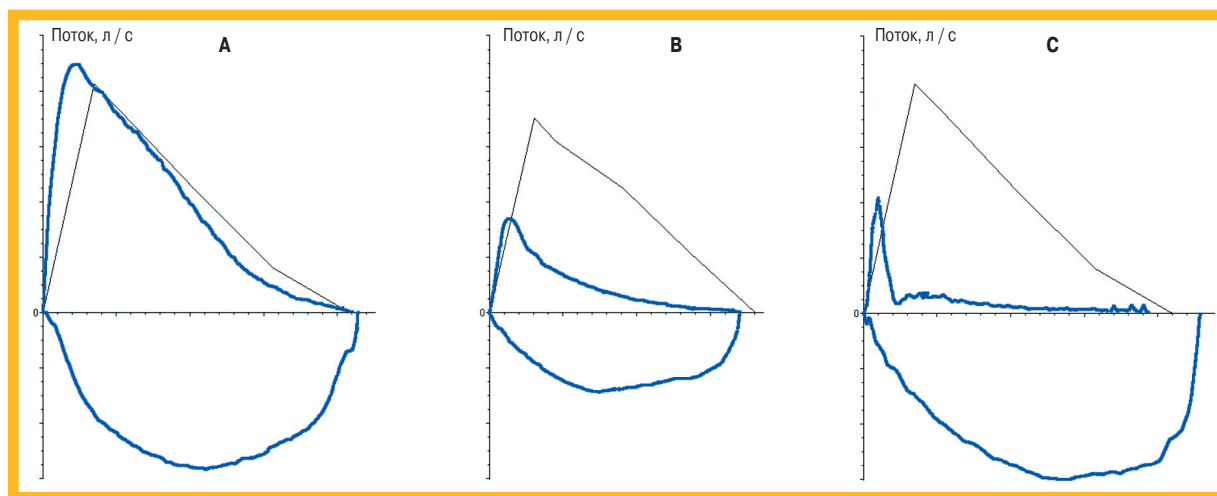


Рис. 4. Кривые "поток–объем" у пациентов с обструктивными заболеваниями органов дыхания: А, В – БА; С – эмфизема легких  
 Fig. 4. Flow-volume curves in patients with obstructive lung diseases: А, В – bronchial asthma; С – emphysema

дыхательных путей и оценка ее выраженности. Обструктивный тип вентиляционных нарушений характеризуется снижением соотношения  $ОФВ_1 / ФЖЕЛ$  при нормальной  $ФЖЕЛ$ . Патофизиологической основой снижения максимального экспираторного потока при бронхиальной обструкции является повышение сопротивления дыхательных путей, однако при недостаточном усилии, приложенном пациентом во время выполнения маневра  $ФЖЕЛ$ , показателем максимального экспираторного потока также будет снижен. Дифференцировать эти ситуации можно при количественной оценке усилия пациента, измерив с помощью внутрипищеводного баллона плевральное давление или компрессионный объем при проведении бодиплетизмографии.

Ранними признаками обструктивных нарушений вентиляции у пациентов без клинических проявлений могут служить изменение формы экспираторной кривой "поток–объем" и снижение скоростных показателей, измеренных при низких легочных объемах во время теста  $ФЖЕЛ$  ( $СОС_{25-75}$ ,  $МОС_{50}$ ,  $МОС_{75}$ ) (рис. 4), однако в настоящее время не существует убедительных доказательств существования таких корреляционных связей. Более того, при значительной вариабельности показателей затруднена интерпретация индивидуальных отклонений от должных значений.

При обструктивных нарушениях снижаются экспираторные потоки, а кривая пациента располагается под должной кривой (см. рис. 4). Кроме того, обычное линейное снижение скорости потока на кривой "поток–объем" нарушается, ее нисходящее колено приобретает вогнутую форму. Нарушение линейности нижней половины кривой "поток–объем" является характерной чертой обструктивных нарушений вентиляции и предполагает наличие бронхиальной обструкции, даже когда показатели  $ФЖЕЛ$  и  $ОФВ_1$  не выходят за пределы нормальных значений. Выраженность изменений формы кривой зависит как от тяжести обструктивных нарушений, так и от нозологической формы. Причиной этого чаще всего является сужение просвета дыхательных путей

при БА, ХОБЛ, эмфиземе, муковисцидозе, сдавление крупных бронхов и трахеи опухолью извне, стенозирование эндофитно растущей опухолью, рубцовой тканью, инородным телом. При подозрении на БА проводится бронходилатационный тест (БДТ), а при необходимости – бронхоконстрикторный тест. Для оценки выраженности эмфиземы исследуются общая емкость и диффузионная способность легких.

Особое внимание уделяется синхронному снижению  $ОФВ_1$  и  $ФЖЕЛ$ , при котором отношение  $ОФВ_1 / ФЖЕЛ$  остается нормальным или почти нормальным. Такие изменения спирограммы чаще всего наблюдаются в случаях, когда пациент делает вдох или выдох не полностью или поток настолько медленный, что для выдыхания всего воздуха из легких требуется слишком большая продолжительность выдоха. При этом дистальный отдел кривой "поток–объем" будет вогнутым ( $МОС_{75}$  снижена). С помощью показателя  $ЖЕЛ$  (инспираторного или экспираторного) более точно оценивается отношение  $ОФВ_1$  к максимальному объему легких. Другая возможная причина одновременного снижения  $ОФВ_1$  и  $ФЖЕЛ$  – коллапс мелких дыхательных путей в начале выдоха. Если такие изменения наблюдаются при выполнении маневра с максимальным усилением, при помощи достоверного прироста  $ОФВ_1$  после ингаляции бронхолитического препарата подтверждается наличие экспираторного коллапса. Достоверное увеличение  $ОФВ_1$ ,  $ФЖЕЛ$  или обоих параметров после ингаляции бронхолитического препарата свидетельствует об обратимости обструктивных нарушений.

**Обструкция ВДП.** Форма максимальной кривой "поток–объем" существенно отличается от должной при обструкции ВДП. Своеобразная форма кривой "поток–объем" при поражениях ВДП обусловлена различным воздействием динамических факторов на экстра- и интраторакальные дыхательные пути. На экстра- и интраторакальные дыхательные пути влияет атмосферное давление, на интраторакальные – внутриплевральное. Разница между внешним давлением (атмосферным или плевральным) и давлением внутри

дыхательных путей называется трансмуральным давлением. При положительном трансмуральном давлении создается компрессия и уменьшается просвет дыхательных путей. Наоборот, при отрицательном трансмуральном давлении дыхательные пути поддерживаются открытыми при увеличенном их просвете. Если обструкция возникает только во время вдоха либо выдоха, она считается переменной. Если воздушные потоки снижены во время обеих фаз дыхания, обструкция называется фиксированной.

**Переменная экстраторакальная обструкция** (например, при параличе голосовых связок, увеличении щитовидной железы) вызывает избирательное ограничение СВП при вдохе. Во время выдоха давление внутри дыхательных путей увеличивается, превышая атмосферное, воздействующее на зону поражения снаружи, поэтому экспираторный поток меняется мало. Во время вдоха наблюдается обратная картина: атмосферное давление значительно превышает давление в дыхательных путях, что приводит к снижению инспираторных потоков. Изменения инспираторных потоков хорошо видны на кривой "поток-объем" (рис. 5А).

**При переменной интраторакальной обструкции** (например, при опухоли нижнего отдела трахеи ниже яремной ямки грудины, трахеомалации, гранулематозе Вегенера или рецидивирующем полихондрите) высокое внутриплевральное давление во время форсированного выдоха превышает давление в дыхательных путях, что приводит к выраженному сужению их просвета с критическим снижением экспираторных потоков. Изменения инспираторных потоков могут быть незначительными, если плевральное давление составляет большее отрицательное значение по сравнению с таковым в дыхательных путях. Характерная кривая "поток-объем" представлена на рис. 5В.

При **фиксированной обструкции** (например, при опухолях на любом уровне ВДП, параличе голосовых связок с фиксированным стенозом, рубцовых стриктурах) инспираторные и экспираторные потоки нарушаются почти в одинаковой степени. Локализация поражения не имеет значения, поскольку размеры трахеи при этом не зависят от давления внутри и снаружи дыхательных путей (см. рис. 5С).

Для характеристики указанных поражений ВДП используются различные показатели, например соотношение инспираторных и экспираторных потоков на уровне 50 % ЖЕЛ ( $MOC_{50вд.} / MOC_{50выд.}$ ; в норме это соотношение  $\approx 1,5$ ). Это соотношение наиболее значительно меняется при переменной экстраторакальной обструкции и неспецифично для другой патологии (см. рис. 5). При подозрении на изолированную обструкцию ВДП диагноз подтверждается эндоскопически или рентгенологически.

#### Классификация тяжести обструктивных вентиляционных нарушений

В большинстве случаев функцией легких во многом определяются способность больного к повседневной физической активности, качество жизни и прогноз заболевания, в т. ч. риск летального исхода не только от заболеваний органов дыхания, но и от сердечно-сосудистой патологии. Показано, что у лиц некоторых профессий ОФВ<sub>1</sub> и ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ являются независимыми факторами риска летального исхода, в т. ч. от заболеваний органов дыхания. Кроме того, при метаанализе 6 обзоров, посвященных смертности в различных профессиональных группах (Великобритания), продемонстрировано наличие связи между риском смерти от ХОБЛ и показателем ОФВ<sub>1</sub>. В течение 20-летнего периода наблюдения установлено, что по сравнению с пациентами с ОФВ<sub>1</sub>  $\geq 1 SD_{ср.}$ , у больных с ОФВ<sub>1</sub> при начальном обследо-

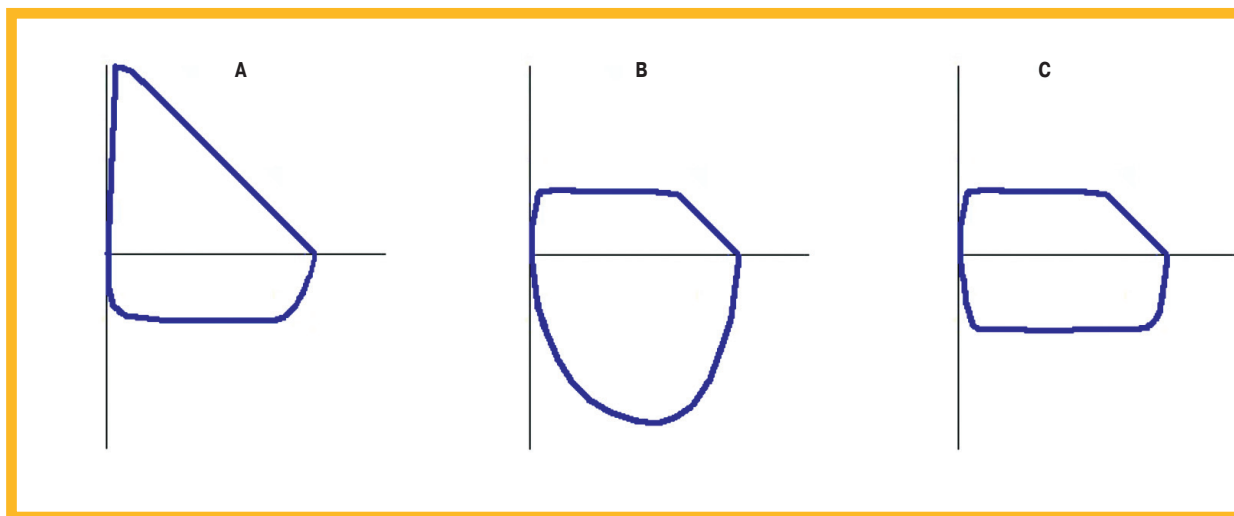


Рис. 5. Кривые "поток-объем" у больных с обструкцией ВДП: А – переменная экстраторакальная обструкция:  $MOC_{50вд.} / MOC_{50выд.} < 1$ ,  $ПОС_{выд.}$  – снижена или нет,  $MOC_{50вд.}$  – снижена; В – переменная интраторакальная обструкция:  $MOC_{50вд.} / MOC_{50выд.} > 1$ ,  $ПОС_{выд.}$  – снижена,  $MOC_{50вд.}$  – снижена или нет; С – фиксированная обструкция:  $MOC_{50вд.} / MOC_{50выд.} \approx 1$ ,  $ПОС_{выд.}$  – снижена,  $MOC_{50вд.}$  – снижена

Fig. 5. Flow-volume curves in patients with upper airway obstruction: А – variable extrathoracic obstruction ( $MIF_{50} / MEF_{50} < 1$ ; PEF reduced or normal;  $MIF_{50}$  reduced); В – variable intrathoracic obstruction ( $MIF_{50} / MEF_{50} > 1$ ; PEF reduced;  $MIF_{50}$  reduced or normal); С – fixed upper airway obstruction ( $MIF_{50} / MEF_{50} \approx 1$ ; PEF reduced,  $MIF_{50}$  reduced)

**Таблица 2**  
**Классификация тяжести обструктивных нарушений легочной вентиляции**  
**Table 2**  
**Classification of severity of ventilation obstructive disorders**

Степень тяжести	ОФВ <sub>1</sub> , %долж.
Легкая	> 70
Умеренная	60–69
Среднетяжелая	50–59
Тяжелая	35–49
Крайне тяжелая	< 35

вании ниже среднего значения на  $> 2$  SD риск смерти от ХОБЛ повышался в 12 раз, от неопухолевых легочных заболеваний — в 10 раз; от сосудистых заболеваний — в 2 раза. Доказано, что в большинстве случаев ОФВ<sub>1</sub> коррелирует с тяжестью симптомов и прогнозом заболевания, тем не менее корреляции не позволяют точно предсказывать тяжесть и течение болезни у конкретного пациента.

Для оценки тяжести обструктивных нарушений в большинстве случаев используется показатель степени отклонения ОФВ<sub>1</sub>долж. (табл. 2). Данная классификация не применяется у пациентов с обструкцией ВДП, когда даже слабовыраженная обструкция может быть опасна для жизни.

Для определения тяжести обструктивных нарушений не рекомендуется использовать отношение ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ, т. к. при прогрессировании заболевания ОФВ<sub>1</sub> и ФЖЕЛ могут снижаться синхронно, а их соотношение останется при этом нормальным. Тем не менее при помощи показателя отношения ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ оценивается тяжесть вентиляционных нарушений у людей с исходно большим объемом легких. В этих случаях ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ может быть очень низким ( $\leq 50\%$ ), а ОФВ<sub>1</sub> будет соответствовать обструкции легкой степени.

### Рестриктивные вентиляционные нарушения

Рестриктивные нарушения вентиляции обусловлены процессами, при которых снижается растяжимость легких и, следовательно, ограничивается наполнение легких воздухом. В начале развития патологических нарушений, когда объем легких еще не снижен, скоростные показатели и отношение ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ могут увеличиваться вследствие того, что паренхима легких оказывает большее растягивающее действие на дыхательные пути: просвет бронхов увеличивается относительно объема легких. При прогрессировании заболевания воздушность легочной ткани уменьшается. Это проявляется снижением ЖЕЛ, кривая "поток–объем" становится высокой и узкой (рис. 6А). ПОС обычно остается нормальной, после пика наблюдается быстрое линейное снижение потока. Форма кривой может и не меняться, а представлять собой пропорционально уменьшенную копию должной кривой, как, например, при пневмонэктомии (см. рис. 6В).

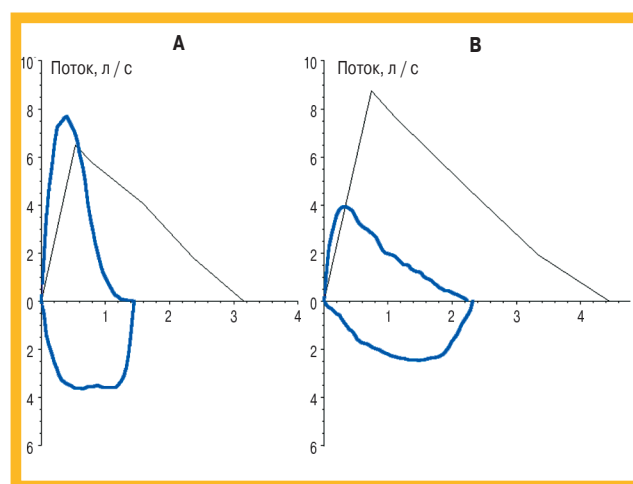
Рестриктивные нарушения могут встречаться при интерстициальных заболеваниях легких, обширной воспалительной инфильтрации легочной ткани, гипоплазии и ателектазах легкого, после резекции легочной ткани. При подозрении на интерстициальные заболевания измеряются диффузионная способность и общая емкость легких. К рестрикции также может приводить и внелегочная патология, например, поражение грудного отдела позвоночника, ребер, дыхательной мускулатуры; высокое стояние диафрагмы, что делает невозможным выполнение глубокого полноценного вдоха; нарушение регуляции дыхания при угнетении дыхательного центра наркотическими препаратами или его повреждении опухолью, кровоизлиянием. При подозрении на мышечную слабость как причину рестрикции следует измерить силу дыхательных мышц. Кроме того, у больных с выраженной мышечной слабостью ФЖЕЛ, измеренная в вертикальном положении и в положении лежа, будет существенно различаться из-за воздействия гравитации на органы брюшной полости. В норме ФЖЕЛ в положении лежа на 5–10 % меньше, чем в положении сидя. При выраженной диафрагмальной дисфункции эта разница превышает 30 %.

Для диагностики рестриктивных нарушений спирометрического исследования недостаточно, дополнительно выполняется бодиплетизмография и измеряются легочные объемы.

### Смешанные вентиляционные нарушения

Смешанные нарушения легочной вентиляции развиваются при сужении просвета дыхательных путей на фоне уменьшения легочных объемов. При проведении спирометрии регистрируется одновременное снижение ФЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub> и ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ.

Для уточнения характера функциональных нарушений выполняется бодиплетизмография с измерением легочных объемов.



**Рис. 6.** Кривые "поток–объем" у больных с рестриктивными вентиляционными нарушениями: А – фиброз легких; В – пневмонэктомия

**Fig. 6.** Flow-volume curves in patients with restrictive disorders of lung ventilation: A – pulmonary fibrosis; B – pneumonectomy

## Бронходилатационный тест

При первичном исследовании функции дыхания почти всегда выполняется БДТ (или бронходилатационная проба), т. е. спирометрия повторяется после ингаляции бронходилататора (БД).

### Показания для проведения БДТ

БДТ проводится в следующих случаях:

- для установления обратимости бронхиальной обструкции, включая пациентов с нормальными показателями исходной спирометрии;
- при определении потенциального эффекта бронхолитической терапии;
- при мониторинге динамики легочной функции у больных с хроническими респираторными заболеваниями при длительном (многолетнем) наблюдении.

Противопоказаний к проведению БДТ не существует. Исключение составляют ситуации, когда выполнение спирометрии противопоказано, а также в случае непереносимости бронхорасширяющих препаратов. В случае индивидуальной непереносимости  $\beta_2$ -агонистов в качестве БД допускается использование М-холинолитика короткого действия.

### Методика проведения БДТ

Реакция на БД является интегральной физиологической реакцией, в которую вовлечены эпителий дыхательных путей, нервы, медиаторы и гладкие мышцы.

Если задачей врача является исследование обратимости бронхиальной обструкции, то перед проведением БДТ прекращается использование любых бронхорасширяющих препаратов на срок, соответствующий длительности их действия. Короткодействующие ингаляционные  $\beta_2$ -агонисты (сальбутамол, фенотерол) и антихолинергические препараты (ипратропия бромид) отменяются за 4–6 ч, пролонгированные  $\beta_2$ -агонисты (сальметерол, формотерол) и метилксантины – за 12 ч, пролонгированные холинолитики (тиотропия бромид, гликопиррония бромид) – за 24 ч до исследования [2]. Если отмена препаратов невозможна, то в протоколе исследования указывается название препарата, доза и время последней ингаляции.

Если БДТ проводится с целью выявления возможности дополнительного улучшения легочной функции на фоне базисной терапии заболевания, то вся плановая терапия сохраняется перед исследованием в обычном для пациента режиме [2].

Курение не допускается в течение 1 ч до и на протяжении всего тестирования.

Бронходилатационный ответ (БДО) зависит от многих факторов, определяющих достоверность результатов: выбора БД и его дозы (чем выше доза, тем больше ответ), времени, прошедшего после ингаляции (как правило, реакция измеряется на пике действия препарата), способа доставки препарата в дыхательные пути (дозированный аэрозоль или небулайзер), соблюдения критериев воспроизводи-

сти как исходной, так и повторной спирометрии и способа расчета БДО. На сегодняшний день не существует единого стандарта выбора БД, дозы или способа его применения при проведении БДТ. Однако при соблюдении стандартных рекомендаций внутри- и межлабораторные различия при использовании дозированных аэрозольных ингаляторов минимизируются.

Для достижения максимально возможной БД рекомендуется использование короткодействующих  $\beta_2$ -агонистов, например сальбутамола в виде дозированного аэрозольного ингалятора в максимальной разовой дозе 400 мкг (4 ингаляции по 100 мкг с интервалом 30 с) или фенотерола в максимальной разовой дозе 400 мкг (4 ингаляции по 100 мкг с интервалом 30 с) с помощью спейсера, с соблюдением всех правил ингаляционной техники для дозированных аэрозольных ингаляторов (после спокойного неполного выдоха – плавный максимально глубокий вдох с активацией ингалятора (нажатием на клавишу) одновременно с началом вдоха, задержка дыхания на высоте вдоха на 10 с). Без использования спейсера вдыхаемая фракция аэрозоля меньше и ее величина в значительной степени зависит от синхронизации вдоха с активацией ингалятора. Повторная спирометрия проводится через 15 мин. При использовании М-холинолитика в качестве БД максимальная разовая доза составляет 160 мкг (4 дозы по 40 мкг или их комбинации). Повторная спирометрия выполняется через 30 мин [2, 7].

### Интерпретация результатов БДТ

Обратимость бронхиальной обструкции определяется по изменению ОФВ<sub>1</sub> или ФЖЕЛ. Другие показатели спирометрии, в т. ч. потоки, измеренные на разных уровнях ФЖЕЛ (МОС<sub>25</sub>, МОС<sub>50</sub>, МОС<sub>75</sub>, СОС<sub>25–75</sub>), не используются для оценки обратимости обструкции дыхательных путей в связи с их крайне высокой вариабельностью [7].

Интерпретация результатов БДО состоит из нескольких этапов: на 1-м этапе определяется, превышают ли полученные данные вариабельность измерения, которая составляет < 8 %, или < 150 мл [2, 7]. На сегодняшний день не существует единых критериев оценки обратимости бронхиальной обструкции.

Для вычисления БДО используются различные методы и спирометрические показатели. Самым распространенным способом выражения БДО является абсолютное и относительное (%<sub>исх.</sub>, %<sub>долж.</sub>) изменение спирометрических показателей. Как упоминалось ранее, не существует единого стандарта выбора препарата, дозы и способа введения. Однако согласно последним рекомендациям Европейского респираторного и Американского торакального обществ, при помощи абсолютного и относительного изменения ОФВ<sub>1</sub> и / или ФЖЕЛ (коэффициент БД – КБД) достаточно точно определяется обратимость обструкции дыхательных путей [2, 7]. БДТ считается положительным при КБД > 12 % после ингаляции БД, а абсолютный прирост – > 200 мл:

$$\text{КБД} = \frac{\text{показатель после, мл} - \text{показатель исх., мл}}{\text{показатель исх., мл}} \times 100\% ;$$

Абсолютный прирост, мл = показатель *после*, мл – показатель *исх.*, мл,

где: показатель *после* – значение спирометрического показателя после ингаляции БД, показатель *исх.* – значение спирометрического показателя до ингаляции БД [7].

Если изменение ОФВ<sub>1</sub> и ФЖЕЛ незначимо, то о положительной реакции на БД свидетельствует уменьшение гиперинфляции легких (снижение общей емкости легких и остаточного объема легких и как результат – увеличение инспираторной емкости легких) [7]. В отличие от больных БА, при ХОБЛ ответ на антихолинергические препараты выражен не менее, а иногда и более, чем при назначении β<sub>2</sub>-агонистов.

Отсутствие положительной реакции на короткодействующий бронхолитический препарат в условиях БДТ не означает нецелесообразности назначения этих препаратов с терапевтической целью.

БДТ не позволяет дифференцировать БА и ХОБЛ, т. к. при данных заболеваниях могут встречаться большие как с положительной реакцией на бронхолитический препарат, так и с ее отсутствием [4].

## Литература

1. Ferguson G.T., Enright P.L., Buist A.S., Higgins M.W. Office spirometry for lung health assessment in adults: a consensus statement from the national lung health education program. *Chest*. 2000; 117 (4): 1146–1161.
2. Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V. et al. Standardisation of spirometry. *Eur. Respir. J.* 2005; 26: 319–338.
3. Miller M.R., Crapo R., Hankinson J. et al. General considerations for lung function testing. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (1): 153–161.
4. Чучалин А.Г., ред. Функциональная диагностика в пульмонологии. М.: *Атмосфера*; 2009.
5. Enright P.L., Studnicka M., Zielinski J. Spirometry to detect and manage chronic obstructive pulmonary disease and asthma in the primary care setting. In: Lung function testing. *Eur. Respir. Mon.* 2005; 31: 1–14.
6. Beydon N., Davis S.D., Lombardi E. et al. An official American Thoracic Society / European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2007; 175 (12): 1304–1345.
7. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2005; 26: 948–968.

Поступила 02.07.14  
УДК 616.24-073(072)

## References

1. Ferguson G.T., Enright P.L., Buist A.S., Higgins M.W. Office spirometry for lung health assessment in adults:

a consensus statement from the national lung health education program. *Chest*. 2000; 117 (4): 1146–1161.

2. Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V. et al. Standardisation of spirometry. *Eur. Respir. J.* 2005; 26: 319–338.
3. Miller M.R., Crapo R., Hankinson J. et al. General considerations for lung function testing. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (1): 153–161.
4. Chuchalin A.G., ed. Functional Diagnosis in Pulmonology. Moscow: *Атмосфера*; 2009 (in Russian).
5. Enright P.L., Studnicka M., Zielinski J. Spirometry to detect and manage chronic obstructive pulmonary disease and asthma in the primary care setting. In: Lung function testing. *Eur. Respir. Mon.* 2005; 31: 1–14.
6. Beydon N., Davis S.D., Lombardi E. et al. An official American Thoracic Society / European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2007; 175 (12): 1304–1345.
7. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2005; 26: 948–968.

Received July 02, 2014  
UDC 616.24-073(072)

## Информация об авторах

*Чучалин Александр Григорьевич* – д. м. н., профессор, академик РАН, директор ФГБУ "НИИ пульмонологии" ФМБА России, председатель правления РРО, главный внештатный специалист терапевт-пульмонолог Минздрава России; тел. / факс: (495) 465-52-64; e-mail: chuchalin@inbox.ru

*Айсанов Заурбек Рамазанович* – д. м. н., профессор, зав. отделом клинической физиологии и клинических исследований ФГБУ "НИИ пульмонологии" ФМБА России; тел.: (495) 965-34-66; e-mail: aisanov@mail.ru

*Чикина Светлана Юрьевна* – к. м. н., ст. научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования ФГБУ "НИИ пульмонологии" ФМБА России; тел.: (495) 465-53-84; e-mail: svch@list.ru

*Черняк Александр Владимирович* – к. м. н., зав. лабораторией функциональных и ультразвуковых методов исследования ФГБУ "НИИ пульмонологии" ФМБА России; тел.: (495) 465-53-84; e-mail: achi2000@mail.ru

*Калманова Елена Николаевна* – к. м. н., зав. отделением функциональной диагностики Городской клинической больницы № 57 Москвы, доцент кафедры госпитальной терапии педиатрического факультета РНИМУ им. Н.И.Пирогова; тел.: (495) 965-34-66; e-mail: kalmanova@mail.ru

## Author information

*Chuchalin Aleksandr Grigor'evich*, MD, Professor, Academician of the Russian Science Academy, Director of Federal State Budget institution "Pulmonology Research Institute", Federal Medical and Biological Agency of Russia, the Chairman of the Russian Respiratory Society, Chief Therapeutist and Pneumologist of the Healthcare Ministry of Russian Federation; tel.: (495) 465-52-64; e-mail: chuchalin@inbox.ru

*Aysanov Zaurbek Ramazanovich*, MD, Professor, Head of Department of Clinical Physiology and Clinical Trials, Federal State Budget institution "Pulmonology Research Institute", Federal Medical and Biological Agency of Russia, tel.: (495) 965-34-66; e-mail: aisanov@mail.ru

*Chikina Svetlana Yur'evna*, PhD, Senior Researcher of Laboratory of Functional and Ultrasound Investigations, Federal State Budget institution "Pulmonology Research Institute", Federal Medical and Biological Agency of Russia, tel.: (495) 465-53-84; e-mail: svch@list.ru

*Chernyak Aleksandr Vladimirovich*, PhD, Head of Laboratory of Functional and Ultrasound Investigations, Federal State Budget institution "Pulmonology Research Institute", Federal Medical and Biological Agency of Russia, tel.: (495) 465-53-84; e-mail: achi2000@mail.ru

*Kalmanova Elena Nikolaevna*, PhD, Head of Department of Functional Diagnosis, State Budget Healthcare Institution "City Clinical Hospital N57", Moscow Healthcare Department, tel.: (495) 965-34-66; e-mail: kalmanova@mail.ru

# Сделайте шаг к защите от пневмококковой инфекции

## Максимальный охват серотипов среди конъюгированных вакцин<sup>1-3</sup>



# Превенар 13

Пневмококковая полисахаридная конъюгированная вакцина (13-валентная, адсорбированная)

### Краткая информация по применению вакцины ПРЕВЕНАР 13

#### ЛЕКАРСТВЕННАЯ ФОРМА:

суспензия для внутримышечного введения  
Вакцина Превенар® 13 представляет собой капсулярные полисахариды 13-ти серотипов пневмококка: 1, 3, 4, 5, 6A, 6B, 7F, 9V, 14, 18C, 19A, 19F и 23F, индивидуально конъюгированные с дифтерийным белком CRM197 и адсорбированные на алюминий фосфате.

ПРЕВЕНАР® 13 производится в соответствии с рекомендациями ВОЗ по производству и контролю качества пневмококковых конъюгированных вакцин.

#### ИМУНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Введение вакцины Превенар® 13 вызывает выработку антител к капсулярным полисахаридам *Streptococcus pneumoniae*, обеспечивая тем самым специфическую защиту от инфекций, вызываемых исключенными в вакцину 1, 3, 4, 5, 6A, 6B, 7F, 9V, 14, 18C, 19A, 19F и 23F серотипами пневмококка. Вакцина Превенар® 13 включает до 90% всех серотипов, являющихся причиной инвазивных пневмококковых инфекций (ИПИ), в том числе устойчивых к лечению антибиотиками. Наблюдения, проведенные в США с момента введения 7-валентной конъюгированной вакцины Превенар®, позволяют предположить, что наиболее тяжелые случаи инвазивной пневмонии связаны с действием серотипов, включенных в Превенар® 13 (1, 3, 7F и 19A), в частности серотип 3 непосредственно связан с заболеванием некротизирующей пневмонией.

#### Иммунный ответ при использовании трех или двух доз в серии первичной вакцинации

Образование иммунной памяти показано для обеих указанных схем вакцинации. Вторичный иммунный ответ на ревакцинирующую дозу у детей второго года жизни при использовании трех или двух доз в серии первичной вакцинации сравним для всех 13 серотипов.

#### НАЗНАЧЕНИЕ

— профилактика заболеваний, вызываемых *Streptococcus pneumoniae* серотипов 1, 3, 4, 5, 6A, 6B, 7F, 9V, 14, 18C, 19A, 19F и 23F (включая бактериемия, сепсис, менингит, пневмонию и острый средний отит) у детей в возрасте 2 мес – 5 лет;  
— профилактика пневмококковых заболеваний (в том числе пневмония и инвазивных заболеваний), вызываемых *Streptococcus pneumoniae* серотипов 1, 3, 4, 5, 6A, 6B, 7F, 9V, 14, 18C, 19A, 19F и 23F у взрослых в возрасте 50 лет и старше.

#### ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ

— Повышенная чувствительность на предшествующее введение Превенар® 13 или Превенар® (в том числе, анафилактический шок, тяжелые генерализованные аллергические реакции);  
— Повышенная чувствительность к дифтерийному анатоксину и/или вспомогательным веществам.

— Острые инфекционные или неинфекционные заболевания, обострения хронических заболеваний. Вакцинацию проводят после выздоровления или в период ремиссии.

#### СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ И ДОЗЫ

##### Способ введения

Вакцину вводят внутримышечно – в переднюю поверхность бедра (детям до 2-х лет) или в дельтовидную мышцу плеча (лицам старше 2-х лет), в разовой дозе 0,5 мл.

Не вводить Превенар® 13 внутривенно, внутримышечно и внутримышечно в ягодичную область!

##### Схема вакцинации

Возраст начала вакцинации	Доза	Количество доз	Схема
От 2 месяцев до 6 месяцев	0,5 мл	3 + 1 ревакцинация	3 дозы с интервалом не менее 1 месяца, первая доза обычно вводится в возрасте 2х месяцев. 4-я доза (т.е. ревакцинация) рекомендуется на втором году жизни, оптимально в 12-15 месяцев
От 7 месяцев до 11 месяцев	0,5 мл	2 + 1 ревакцинация	2 дозы с интервалом не менее 1 месяца. 3-я ревакцинация рекомендуется на втором году жизни
От 12 месяцев до 23 месяцев	0,5 мл	1+1	2 дозы с интервалом между введениями не менее 2 месяцев
От 2 до 5 лет	0,5 мл	1	1 доза однократно
Старше 50 лет	0,5 мл	1	1 доза однократно

Первая и единственная пневмококковая конъюгированная вакцина для детей\* и взрослых старше 50 лет

#### Дети, ранее вакцинированные Превенар®

Вакцинация против пневмококковой инфекции, начатая 7-валентной вакциной Превенар® 13 на любом этапе схемы иммунизации, применяется одновременно с другими вакцинами, рекомендованными для данного возраста.

Кроме того, безопасность вакцины Превенар® 13 оценена у 354 детей в возрасте от 7 мес. до 5 лет, ранее не вакцинированных ни одной из пневмококковых конъюгированных вакцин.

У лиц в возрасте 65 лет и старше отмечалось меньшее количество побочных эффектов в зависимости от предшествующих вакцинаций. Однако частота развития реакций была такой же, как и в более молодой популяции.

Нежелательные реакции, перечисленные ниже, классифицированы по органам и системам, а также в соответствии с частотой их проявления во всех возрастных группах.

Частота нежелательных реакций определялась следующим образом:

Очень частые (≥ 1/10), частые (≥ 1/100, но < 1/10), нечастые (≥ 1/1000, но < 1/100), редкие (≥ 1/10 000, но < 1/1000) и очень редкие (≤ 1/10 000).

Нежелательные реакции, выявленные в клинических исследованиях Превенар® 13 у взрослых

**Желудочно-кишечный тракт:** Очень частые: снижение аппетита, диарея. Частые: рвота. Нечастые: тошнота. **Нервная система:** Очень частые: головные боли.

**Иммунная система:** Редкие: реакция гиперчувствительности, включая анафилаксию, бронхоспазм, отек лица. **Кожа и подкожная клетчатка:** Очень частые: сыпь. **Скелетно-мышечная и соединительная ткань:** Очень частые: генерализованные новые или обостренные имеющиеся боли в суставах и мышечных болей.

**Общие и местные реакции:** Очень частые: озноб, утомляемость, зрительная, отек, боль или уплотнение в месте инъекции, приводящие к кратковременному ограничению объема движений конечности. Частые: повышение температуры тела. Нечастые: лимфаденопатия в области места инъекции.

В целом не было отмечено значительных различий в частоте развития побочных эффектов у взрослых, ранее вакцинированных 23-валентной пневмококковой полисахаридной вакциной и не вакцинированных этой вакциной. Частота развития местных побочных реакций была одинакова для лиц в возрасте 50-59 лет и лиц старше 65 лет при вакцинации Превенар® 13, также число местных побочных реакций не увеличивалось при вакцинации одновременно с инaktivированной гриппозной вакциной. Частота обычно вакцинальных системных реакций была выше при одновременном введении Превенар® 13 и инaktivированной гриппозной вакцины по сравнению с применением только инaktivированной гриппозной вакцины (головная боль, озноб, сыпь, снижение аппетита, боли в суставах и мышцах) или только Превенар® 13 (головная боль, утомляемость, озноб, снижение аппетита и боль в суставах).

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ ПРЕПАРАТАМИ И ПРОЧИЕ ВИДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

При одновременной вакцинации Превенар® 13 и другими вакцинами инъекцией делаются в разные участки тела.

**Дети в возрасте от 2 месяцев до 5 лет**

Превенар® 13 сочетается с любыми другими вакцинами, входящими в календарь иммунизации детей первых лет жизни. Превенар® 13 можно вводить детям одновременно (в один день) с любыми следующими антигенами, входящими в состав как моновалентных, так и комбинированных вакцин: дифтерийным, столбнячным, бесклеточным или целноклеточным коклюшным, *Haemophilus influenzae* тип b, инaktivированным полиомиелитным, гепатита B, коревым, эпидемического паротита, краснухи и ветряной оспы.

**Лица в возрасте 50 лет и старше**

Превенар® 13 можно вводить одновременно с тривалентной инaktivированной гриппозной вакциной.

При принятии решения о вакцинации ребенка с тяжелой степенью недоноженности (беременность < 28 недель), особенно имеющего в анамнезе незрелость дыхательной системы, необходимо учитывать, что польза иммунизации против пневмококковой инфекции у данной группы пациентов особенно высока и не следует ни отказываться от вакцинации, ни переносить ее сроки. Однако при этом в связи с потенциальными рисками, имеющимися при применении любых вакцин, проведение первой вакцинации Превенар® 13 рекомендуется в условиях стационара под врачебным наблюдением (не менее 48 ч).

Иммунизацию против пневмококковой инфекции взрослых желательно начинать с Превенар® 13.

Информация о влиянии препарата на способность управлять автомобилем и пользоваться техникой, отсутствует.

**Условия хранения:** При температуре от 2 до 8°С. Не замораживать.

**Срок годности:** 3 года.

**Список литературы:**

1. Инструкция по применению лекарственного препарата для медицинского применения Превенар 13 от 12.07.2012. ЛП 000798-120712

2. Инструкция по применению лекарственного препарата для медицинского применения Синфлорик: ЛП 001412-110112

3. WHO position paper on pneumococcal vaccines / Weekly epidemiological record, No. 14, 6 April 2012, 129-144/

\* от 2 месяцев до 5 лет

ООО «Пфайзер», Россия, 123317, Москва, Пресненская наб., д. 10, БЦ «Башня на Набережной» (Блок С)  
Тел.: +7 (495) 287 50 00. Факс: +7 (495) 287 53 00.



На правах рекламы

WRUPRVM014009