

Российское респираторное общество

**ФЕДЕРАЛЬНЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
МЕТОДА СПИРОМЕТРИИ**

2013

## Коллектив авторов

Чучалин Александр Григорьевич	Директор ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА России, Председатель Российского респираторного общества, главный внештатный специалист терапевт-пульмонолог Минздрава РФ, академик РАМН, профессор, д.м.н.
Айсанов Заурбек Рамазанович	Заведующий отделом клинической физиологии и клинических исследований ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА России, профессор, д.м.н.
Чикина Светлана Юрьевна	Старший научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА России, к.м.н.
Черняк Александр Владимирович	Заведующий лабораторией функциональных и ультразвуковых методов исследования ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА России, к.м.н.
Калманова Елена Николаевна	Зав. отделением функциональной и ультразвуковой диагностики Городской клинической больницы №57 г. Москвы

**ОГЛАВЛЕНИЕ****1. МЕТОДОЛОГИЯ****2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ****3. ПОКАЗАНИЯ****4. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ****5. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ****6. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ****6.1. Подготовка к спирометрии****6.2. Критерии качества спирометрии****6.3. Показатели спирометрии****6.4. Особенности спирометрии у детей****7. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ****7.1. Выбор результата для анализа****7.2. Должные величины****7.3. Анализ результатов спирометрии****8. БРОНХОДИЛАТАЦИОННЫЙ ТЕСТ****8.1. Показания для проведения бронходилатационного теста:****8.2. Методика проведения бронходилатационного теста****8.3. Интерпретация результатов бронходилатационного теста**

## 1. МЕТОДОЛОГИЯ

### **Методы, использованные для сбора/селекции доказательств:**

поиск в электронных базах данных.

### **Оценка качества и силы доказательств.**

Поскольку международные критерии, используемые для оценки качества и силы доказательств, положенных в основу рекомендаций, не применимы к отдельным методам исследования, они не использовались при данных методических рекомендациях.

### **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, которых попросили прокомментировать прежде всего доступность рекомендаций для понимания практическими врачами.

Получены комментарии врачей первичного звена и участковых терапевтов относительно доступности изложения рекомендаций 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 в 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 РРО для того, чтобы лица, не участвовавшие в конгрессе, получили возможность участвовать в обсуждении и совершенствовании рекомендаций.

Проект рекомендаций был рецензирован также независимыми экспертами, которых попросили прокомментировать 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.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ

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

## 3. ПОКАЗАНИЯ [2]:

### **Диагностика:**

1) установление причины респираторных жалоб больного, клинических симптомов либо отклонений в лабораторных показателях;

2) оценка влияния болезни на легочную функцию;

3) скрининг популяций людей с высоким риском легочных заболеваний;

4) предоперационная оценка риска;

5) оценка прогноза заболевания;

6) оценка функционального состояния перед участием пациента в программах с физическими нагрузками высокого уровня.

### **Наблюдение**

1) оценка эффективности лечебных мероприятий;

2) мониторинг течения заболевания с нарушением легочной функции;

3) наблюдение за популяциями лиц, подвергающихся воздействию неблагоприятных факторов;

4) мониторинг побочных эффектов лекарств с известной способностью вызывать повреждения легких.

#### **Экспертная оценка нетрудоспособности**

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

#### **Общественное здоровье**

- 1) эпидемиологические исследования;
- 2) расчет должных значений спирометрических показателей;
- 3) клинические исследования.

### **4. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ**

Спирометрия не имеет абсолютных противопоказаний, но маневр форсированного выдоха следует выполнять с осторожностью:

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

### **5. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

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

Спирометр должен позволять оценивать объем воздуха в течение  $\geq 15$  сек и измерять объемы не менее 8 л с точностью как минимум  $\pm 3\%$ , или  $\pm 0,05$  л, а воздушные потоки – от нуля до 14 л/с [2]. Для оптимального контроля за качеством измерений спирометр должен оснащаться дисплеем, на котором отражается кривая поток-объем или объем-время, для визуальной оценки каждого выполненного маневра перед началом следующего. Для оценки воспроизводимости повторных маневров в течение одного исследования желательно, чтобы все кривые в данном исследовании накладывались на дисплее друг на друга.

#### **Калибровка спирометра**

Все спирометрические параметры измеряют при условиях окружающей среды ATPS-условиях измерения (ambient temperature pressure saturated = лабораторные условия): 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  $T_{\text{атм.}}$ ). Далее необходимо преобразовать полученные данные в условия измерения BTPS (body temperature pressure saturated = условия организма): температура тела ( $37^\circ\text{C} = 310\text{ K}$ ), окружающее давление ( $P_{\text{атм.}}$ ) и полное насыщение водяным паром ( $P_{\text{H}_2\text{O}} = 6,3$  кПа) [2]. При калибровке спирометра должны вноситься соответствующие поправки.

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

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

Калибровка – 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 ( $\pm 3\%$  от параметров калибровки) [2]. Если спирометр не соответствует параметрам калибровки, выполняют новую калибровку. Проверка калибровки проводится ежедневно или чаще, если это оговорено в инструкции от производителя.

Объем шприца, используемого для калибровки объема, должен составлять 3 литра и иметь точность  $\pm 15$  мл, или  $\pm 0,5\%$  от всего диапазона измерений [2]. Калибровка самого шприца проводится с периодичностью, указанной в инструкции от производителя. Кроме того, время от времени (например, ежемесячно) шприцы следует проверять на утечку воздуха; для этого надо попытаться опорожнить шприц при закрытом выходном отверстии. Внеплановые калибровки шприца должны проводиться при его повреждении.

Калибровочный шприц должен храниться в помещении с той же температурой и влажностью воздуха, что и в помещении, где проводится спирометрия. Лучше всего хранить калибровочный шприц рядом со спирометром, но вне доступа прямых солнечных лучей и вдали от источников тепла.

Калибровка объема должна выполняться не реже чем 1 раз в день однократным введением в спирометр 3 л воздуха из калибровочного шприца [2]. Благодаря ежедневной калибровке можно выявить нарушение точности измерений в пределах одного дня. В особых ситуациях (при скрининге больших популяций, быстром изменении температуры воздуха и т.д.) требуются более частые калибровки.

Спирометры, измеряющие поток и объем, должны ежедневно проверяться на предмет утечки воздуха. Обнаружить утечку можно, создавая 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 более чем на 30 мл через 1 мин [2].

Спирометры, измеряющие объем, не реже 1 раза в 3 мес следует калибровать пошагово на протяжении всего измеряемого диапазона с помощью калибровочного шприца или другого эквивалентного стандартного объема. Измеренный объем должен отличаться от должного не более чем на  $\pm 3,5\%$ , или на 65 мл [2].

Спирометры, измеряющие поток, должны калиброваться ежедневно с помощью 3-литрового шприца, который опорожняют как минимум трижды с тем, чтобы получить несколько потоков между 0,5 и 12 л/с. Объем воздуха при каждом потоке должен соответствовать требованиям точности на  $\pm 3,5\%$  [2].

Таблица 1. Варианты и периодичность калибровки спирометра [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 трех 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

## 6. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объем легких можно измерить двумя способами. В первом случае непосредственно измеряется объем вдыхаемого или выдыхаемого воздуха и время. Строится график зависимости объема легких от времени - кривая объем–время (спирограмма) (рис.1, А). В другом случае измеряется поток и время, а объем рассчитывают, умножая поток на время. Строится график зависимости объемной скорости потока от объема легких - кривая поток–объем (рис.1, Б). Таким образом, обе кривые отражают одинаковые параметры: интегральное выражение скорости воздушного потока дает объем, который, в свою очередь, можно представить как функцию времени. И наоборот, объем выдыхаемого воздуха можно дифференцировать относительно времени, чтобы определить скорость потока. Представление результатов спирометрии в виде кривой поток–объем является наиболее простым для интерпретации и наиболее информативным.

Спирометрическое исследование можно проводить при спокойном и при форсированном дыхании.

При *спокойном дыхании* необходимо оценить паттерн дыхания, определить жизненную емкость легких (ЖЕЛ) и ее составляющие: резервный объем выдоха (РОВвд) и емкость вдоха (Евд). ЖЕЛ – максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть или выдохнуть - является основным показателем, получаемым при спирометрии на фоне спокойного дыхания. Измерение ЖЕЛ может быть проведено одним из нижеприведенных способов [4]:

1. ЖЕЛ вдоха (ЖЕЛвд): измерение производится пациенту в расслабленном состоянии без излишней спешки, но в то же время проводящему исследованию не следует умышленно сдерживать пациента. После полного выдоха делается максимально глубокий вдох.

2. ЖЕЛ выдоха (ЖЕЛвд): измерение производится в аналогичной манере из состояния максимально глубокого вдоха до полного выдоха.

3. Двустадийная ЖЕЛ: ЖЕЛ определяется в два этапа как сумма емкости вдоха и резервного объема выдоха.

Для определения жизненной емкости легких рекомендуется измерять ЖЕЛвд; если же это невозможно, то в качестве альтернативы может быть использован показатель ЖЕЛвд. Двустадийная ЖЕЛ не рекомендуется для рутинного использования; однако ее определение иногда может быть полезным при обследовании больных с тяжелой одышкой.

С помощью маневра *форсированного выдоха* измеряют форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ) и показатели объемной скорости воздушного потока.

Измерение ФЖЕЛ может быть проведено различными способами (максимальный вдох делается после спокойного или после полного выдоха, перед форсированным выдохом делается или нет пауза). Но предшествующий маневру ФЖЕЛ вдох оказывает существенное влияние на экспираторные скоростные показатели, поэтому для получения максимальных результатов исследования мы рекомендуем 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]. Рекомендуется, чтобы исследователь сначала продемонстрировал пациенту правильное выполнение маневра.

Все исследования легочной функции выполняются с носовым зажимом либо зажатием 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 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, синкопальных состояний). Одновременно необходимо следить за графическим отражением результатов теста на дисплее спирометра, что позволяет визуально оценить качество маневра. Если пациент жалуется на головокружение или другое ухудшение самочувствия, следует сделать паузу до исчезновения нежелательных явлений или прекратить исследование. Уменьшение усилия при форсированном выдохе приводит к завышению спирометрических показателей и неправильной интерпретации результатов исследования [2].

### 6.1. Подготовка к спирометрии

Перед началом исследования рекомендуется:

- 1) проверить калибровку спирометра;
- 2) задать пациенту вопросы о недавнем курении перед исследованием, имеющихся заболеваниях, использовании лекарственных препаратов, которые могут повлиять на результаты;
- 3) измерить рост и вес пациента;
- 4) внести данные о пациенте в спирометр;
- 5) правильно усадить пациента перед спирометром: пациент должен сидеть с прямой спиной и слегка приподнятой головой. Спирометрию рекомендуется выполнять в положении пациента

сидя в кресле с подлокотниками, но без колесиков. Если особые обстоятельства требуют проведения исследования в положении пациента стоя или каком-либо другом, это должно отражаться в протоколе исследования.

6) объяснить и показать пациенту, как правильно выполнить дыхательный маневр;

7) 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 пациенту герметично обхватывать загубник и становятся причиной утечки воздуха; в этой ситуации рекомендуется повторить дыхательный маневр после снятия протезов [2].

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

## 6.2. Критерии качества спирометрии

*Начало исследования.* Начало теста (нулевая точка, от которой начинается измерение всех временных параметров спирометрии) определяется методом обратной экстраполяции. Согласно этому методу, нулевая точка – это точка пересечения касательной линии к кривой объем-время до горизонтальной оси (рис. 2). Объем экстраполяции не должен превышать 5% от ФЖЕЛ, или 0,150 л [2]. Увеличение объема экстраполяции происходит при медленном начале маневра форсированного выдоха.

*Завершение исследования.* Для оценки достаточного экспираторного усилия пациента и определения момента завершения теста рекомендуется использовать 2 критерия:

1) пациент 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.

2) объем на кривой объем-время перестает меняться ( $<0,025$  л за  $\geq 1$  сек) (кривая достигает плато), при этом длительность выдоха у детей от 5 до 10 лет не менее 3 сек, а у детей старше 10 лет и у взрослых не менее 6 сек. У пожилых пациентов с выраженной бронхиальной обструкцией для достижения плато нередко требуется больше 6 сек, однако даже в этой ситуации не рекомендуется продолжать выдох больше 15 сек. С другой стороны, плато может быть достигнуто слишком рано даже при продолжительности форсированного выдоха более 6 сек, 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 первую секунду форсированного выдоха влияет на величину объема форсированного выдоха за первую секунду ( $ОФВ_1$ ).

*Утечка воздуха из ротовой полости.* При неплотном прилегании губ к загубнику возникает утечка воздуха из ротовой полости, что приводит к занижению спирометрических показателей. Некоторым пациентам со слабостью мышц, перенесшим мозговую инсульт или просто пожилого возраста трудно поддерживать герметичный обхват загубника губами в течение всего исследования; в таких ситуациях рекомендуется, чтобы пациент дополнительно фиксировал губы 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 не менее трех технически удовлетворительных маневров, соответствующих перечисленным критериям приемлемости (рис. 3).

*Воспроизводимость дыхательных маневров.* Помимо технической приемлемости каждого маневра, необходимо оценить степень вариабельности между ними (воспроизводимость). Критерии воспроизводимости включают [2]:



- разница между двумя наибольшими ФЖЕЛ  $\leq 150$  мл;
- разница между двумя наибольшими ОФВ<sub>1</sub>  $\leq 150$  мл;

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

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.

### 6.3. Показатели спирометрии

С помощью маневра форсированного выдоха измеряют ФЖЕЛ и показатели объемной скорости воздушного потока (ОФВ<sub>1</sub>, отношение ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ, максимальную усредненную объемная скорость - СОС<sub>25-75</sub>, максимальные объемные скорости на уровнях 25, 50 и 75% ФЖЕЛ, ПОСв<sub>ыд</sub>) [4].

#### Форсированная жизненная емкость легких (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:

1. 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.
2. Патология плевры и плевральных полостей (утолщение плевры, плевральный выпот, опухоли плевры с распространением на легочную ткань).
3. Уменьшение размеров грудной клетки. Легкие не могут расправиться и спадаться в полной мере, если движения грудной стенки (в том числе брюшного компонента) ограничены.
4. Нарушение нормальной работы дыхательных мышц, в первую очередь диафрагмы, межреберных мышц и мышц брюшной стенки, которые обеспечивают расправление и опускание легких.

Таким образом, нетрудно установить причину снижения ФЖЕЛ в каждом конкретном случае.

Следует помнить, что ФЖЕЛ - это максимальная форсированная экспираторная жизненная емкость легких, у больных 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 секунд, а экспираторный поток в конце маневра может быть настолько мал, что спирометр с трудом воспринимает его. Выполнение длительного форсированного выдоха может быть затруднительным и вызывать неприятные ощущения у пациента. Во избежание этих явлений вместо ФЖЕЛ в последнее время используют показатель ОФВ<sub>6</sub> – объем воздуха, выдыхаемого за 6 секунд. У здоровых лиц ОФВ<sub>6</sub> ненамного меньше ФЖЕЛ. Кроме того, ОФВ<sub>6</sub> лучше воспроизводим, чем ФЖЕЛ. Отношение 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, более короткий маневр ОФВ<sub>6</sub>, не требующий достижения плато на кривой объем-время, снижает риск развития синкопальных состояний у тяжелых больных во время исследования и уменьшает утомляемость как пациента, так и медицинского персонала. Вместе с тем должные величины ОФВ<sub>6</sub> не вполне разработаны, поэтому пока рекомендуется по-прежнему оперировать традиционным ФЖЕЛ.

#### Объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ<sub>1</sub>)

Из всех показателей наиболее важным является максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть за первую 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 скорости воздушного потока, например, при эмфиземе, ХОБЛ, бронхиальной астме, муковисцидозе,  $ОФВ_1$  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,  $ОФВ_1$  также снижается. Возникает вопрос: как различить, что явилось причиной снижения  $ОФВ_1$  - рестрикция или обструкция? Для ответа на этот вопрос необходимо вычислить соотношение  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ .

### **Соотношение $ОФВ_1/ФЖЕЛ$**

Важным спирометрическим показателем является отношение  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ , которое обычно выражается в процентах и является модификацией индекса Тиффно ( $ОФВ_1/ЖЕЛ_{вд}$ , где  $ЖЕЛ_{вд}$  – максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть после полного спокойного выдоха). Объем воздуха, выдыхаемый за первую секунду, 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 отношение несколько уменьшается. У детей, наоборот, скорости воздушных потоков высокие, поэтому соотношение  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  у них, как правило, выше – около 90%. При обструктивных нарушениях отношение  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  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 даже немного выше. Таким образом, при необходимости дифференцировать обструктивные и рестриктивные нарушения оценивают 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 можно измерить непосредственно по спирограмме либо рассчитать по кривой поток–объем. Некоторые исследователи считают, что  $СОС_{25-75}$  более чувствителен, чем  $ОФВ_1$ , при диагностике ранних стадий бронхиальной обструкции [20], однако он имеет более широкий диапазон нормальных значений.

Максимальные объемные скорости экспираторного потока ( $МОС_{25}$ ,  $МОС_{50}$  и  $МОС_{75}$ ) на разных уровнях ФЖЕЛ (25%, 50% и 75%, соответственно) (см. рис. 1, В) 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.

Пиковая объемная скорость выдоха ( $ПОС_{вд}$ ), которая также называется максимальной экспираторной скоростью – показатель, который измеряется в течение короткого отрезка времени сразу после начала выдоха и выражается либо в л/мин, либо в л/сек.  $ПОС_{вд}$  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  $ПОС_{вд}$  в домашних условиях и самоконтроля пациентами своего состояния, что получило широкое распространение у больных с бронхиальной астмой.

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

### **Максимальные инспираторные потоки**

Современные спирометры измеряют не только экспираторные, но и инспираторные потоки, в первую очередь, максимальный инспираторный поток (или пиковая объемная скорость вдоха -  $ПОС_{вд}$ ). При этом испытуемый выполняет маневр ФЖЕЛ и затем делает максимально быстрый и полный вдох, который отражается спирометром в виде инспираторной кривой. Сочетание кривых вдоха и выдоха дает полную петлю 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 большей степени зависит от приложенного усилия, а ее измерение не

получило широкого распространения, за исключением выявления патологии верхних дыхательных путей.

#### **6.4. Особенности спирометрии у детей**

Спирометрия может выполняться у детей не моложе 5 лет [2]. Большинство детей начиная с возраста 9 лет способны выполнить маневр форсированного выдоха, удовлетворяющий тем же критериям, которые применимы у взрослых пациентов [5], однако для детей до 9 лет необходимо соблюдать некоторые правила. Желательно, чтобы специалист, обследующий ребенка, имел опыт выполнения функциональных исследований у детей. В лаборатории, занимающейся обследованием маленьких детей, должна быть очень доброжелательная атмосфера, можно использовать игрушки, соответствующие возрасту маленьких пациентов. Перед началом исследования ребенку следует объяснить в доступной манере, 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 обследовать детей в лабораториях для взрослых пациентов, в которых обстановка не адаптирована к особенностям детей [2].

Во время тестирования исследователь должен внимательно наблюдать за ребенком для своевременного устранения утечки воздуха и контроля за правильностью выполнения дыхательного маневра. [5]. Для оценки качества выполненного маневра, как и у взрослых, используют метод обратной экстраполяции. Если объем обратной экстраполяции превышает 80 мл, или 12,5 % ФЖЕЛ, этот маневр может быть сохранен для дальнейшего анализа при отсутствии других дефектов [5]. Для детей младшего возраста преждевременным завершением маневра форсированного выдоха считается прекращение маневра на уровне более 10% от пиковой скорости выдоха. ФЖЕЛ и форсированные экспираторные потоки, полученные в таком маневре, не должны использоваться для анализа [5].

В идеале, при проведении спирометрии ребенку достаточно получить 2 приемлемых кривых поток-объем, в которых ФЖЕЛ и  $ОФВ_1$  отличаются не более чем на 0,1 л, или 10% от максимальных значений. Но даже при получении единственной кривой, удовлетворяющей техническим требованиям, она может использоваться для анализа, однако в протоколе исследования должно быть отражено число технически удовлетворительных маневров и степень воспроизводимости результатов. Как и у взрослых, у детей для анализа выбирают кривую с максимальными значениями ФЖЕЛ и  $ОФВ_1$  [5].

У детей моложе 6 лет не должны использоваться должные величины, применяемые у взрослых пациентов. В литературе предложены несколько различных уравнений для расчета должных величин у детей этого возраста [5].

### **7. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ**

#### **7.1. Выбор результата для анализа**

ФЖЕЛ и  $ОФВ_1$  выбирают не менее чем из трех воспроизводимых технически приемлемых маневров. Результаты исследования анализируют по маневру с максимальными ФЖЕЛ и  $ОФВ_1$  [2].

#### **7.2. Должные величины**

Существуют различные таблицы и формулы для расчета должных величин показателей спирометрии. В большинстве случаев исследования по разработке должных величин ограничиваются уравнениями расчета средних значений, которые получают при обследовании здоровых некурящих людей. Практика использования 80% от должных значений в качестве фиксированного значения для нижней границы нормальных значений (НГН) ФЖЕЛ и  $ОФВ_1$  приемлема у детей, но может приводить к существенным ошибкам при интерпретации функции легких у взрослых. Использование 70% в качестве нижней границы нормы для отношения  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  приводит к значительному числу ложно-положительных результатов

(гиподиагностике ХОБЛ) у мужчин в возрасте старше 40 лет и у женщин старше 50 лет и к гипердиагностике ХОБЛ у пожилых лиц, никогда не куривших и не имеющих характерных клинических симптомов. Как известно, с возрастом соотношение  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  снижается, поэтому некоторые авторы для диагностики ХОБЛ у людей старше 70 лет рекомендуют использовать для  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  65% порог нормы.

Для скоростных показателей НГН составляет 60% от должных значений.

При выборе должных значений необходимо сравнить данные, получаемые с помощью выбранных уравнений должных значений, с собственными измерениями, проведенными на репрезентативной выборке здоровых лиц. Следует выбрать те уравнения должных значений, при которых у взрослых разница между измеренными и рассчитанными значениями является минимальной. У детей ориентируются на минимальную разницу логарифмов измеренных и рассчитанных значений. Чтобы быть уверенным, что выбранные должные значения приемлемы, необходимо обследовать достаточно большое число добровольцев (около 100). К сожалению, это трудновыполнимо для большинства лабораторий.

При использовании должных величин следует избегать экстраполяции за указанный диапазон роста и возраста. Если все же возраст или рост пациента 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 от роста), пола, возраста, расы. Чем выше человек, тем больше его легкие и протяженность дыхательных путей и, следовательно, максимальная экспираторная скорость. При вычислении нормальных значений для людей с кифосколиозом вместо роста в формулу следует поставить размах 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 людей с исходными показателями легочных объемов и потоков выше среднего уровня и, несмотря на снижение их на фоне заболевания относительно исходных значений, они по-прежнему могут оставаться в пределах, нормальных для популяции в целом.

### **7.3. Анализ результатов спирометрии**

Интерпретация результатов спирометрии строится на анализе основных спирометрических параметров ( $ОФВ_1$ , ЖЕЛ,  $ОФВ_1/ЖЕЛ$ ).

Интерпретация результатов функционального исследования должна быть четкой, краткой и информативной. Простая констатация фактов, что какие-то показатели в норме, а какие-то снижены, не годится. В идеале, к интерпретации результатов функционального исследования должны применяться принципы клинического принятия решения, где вероятность болезни после проведения исследования оценивается с учетом вероятности болезни до проведения исследования, качества исследования, вероятности ложно-положительной и ложно-отрицательной интерпретации, и, наконец, непосредственно результатов исследования и должных значений. Это часто невозможно, потому что интерпретация многих, если не большинства, исследований проводится при отсутствии какой-либо клинической информации. Чтобы улучшить ситуацию, по возможности следует спрашивать врачей, направляющих пациента на исследование, на какой клинический вопрос необходимо ответить, а также до исследования поинтересоваться у пациента, почему его направили в лабораторию. В этом отношении также желательно записать респираторные симптомы (например, кашель, мокрота, хрипы и одышка), недавнее использование бронхорасширяющих препаратов, анамнез курения.

Интерпретация будет более точной при учете клинического диагноза, данных рентгенограммы грудной клетки, концентрации гемоглобина и любых подозрений на нейромышечные заболевания или обструкцию верхних дыхательных путей.

#### **Обструктивные вентиляционные нарушения**

Наиболее частое показание к проведению спирометрического исследования – выявление обструкции дыхательных путей и оценка ее выраженности. Обструктивный тип вентиляционных нарушений характеризуется снижением соотношения  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  при нормальной ФЖЕЛ. Патологической основой снижения максимального экспираторного потока при

бронхиальной обструкции является повышение сопротивления дыхательных путей, однако при недостаточном усилии, приложенном пациентом во время выполнения маневра ФЖЕЛ, максимальный экспираторный поток также будет снижен. Дифференцировать эти ситуации можно при количественной оценке усилия пациента, измерив плевральное давление (с помощью внутрипищеводного баллона) или компрессионный объем при проведении бодиплетизмографии.

Ранними признаками обструктивных нарушений вентиляции у пациентов без клинических проявлений, возможно, могут служить изменение формы экспираторной кривой поток-объем и снижение скоростных показателей, измеренных при низких легочных объемах во время теста ФЖЕЛ (СОС<sub>25-75</sub>, МОС<sub>50</sub>, МОС<sub>75</sub>) (рис.4), однако в настоящее время не существует убедительных доказательств существования таких корреляционных связей. Более того, значительная вариабельность показателей затрудняет интерпретацию индивидуальных отклонений от должных значений.

При обструктивных нарушениях происходит снижение экспираторных потоков, и 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 ФЖЕЛ и ОФВ<sub>1</sub> 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 бронхиальной астме, ХОБЛ, эмфиземе, муковисцидозе, сдавление крупных бронхов и трахеи опухолью извне, стенозирование эндофитно растущей опухолью, рубцовой тканью, инородным телом. При подозрении на бронхиальную астму следует провести бронходилатационный тест, а при необходимости - бронхоконстрикторный тест. Для оценки выраженности эмфиземы следует исследовать общую емкость легких и диффузионную способность легких.

Особое внимание следует уделить синхронному снижению ОФВ<sub>1</sub> и ФЖЕЛ, при котором отношение ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ остается нормальным или почти нормальным. Такие изменения спирограммы чаще всего наблюдаются, если пациент делает вдох или выдох не полностью или если поток настолько медленный, что для выдыхания всего воздуха из легких требуется слишком большая продолжительность выдоха. В таком случае дистальный отдел кривой поток-объем будет вогнутым (МОС<sub>75</sub> снижена). Измерение ЖЕЛ (инспираторной или экспираторной) поможет более точно оценить отношение ОФВ<sub>1</sub> к максимальному объему легких. Другая возможная причина одновременного снижения ОФВ<sub>1</sub> и ФЖЕЛ - коллапс мелких дыхательных путей в начале выдоха. Если такие изменения наблюдаются при выполнении маневра с максимальным усилием, достоверный прирост ОФВ<sub>1</sub> после ингаляции бронхолитика подтвердит наличие экспираторного коллапса. Достоверное увеличение ОФВ<sub>1</sub>, ФЖЕЛ или обоих параметров после ингаляции бронхолитика свидетельствует об обратимости обструктивных нарушений.

*Обструкция верхних дыхательных путей.* Форма максимальной кривой поток-объем существенно отличается от должной при обструкции верхних дыхательных путей. Своеобразная форма кривой поток-объем при поражениях верхних дыхательных путей 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. Положительное трансмуральное давление создает компрессию и уменьшает просвет дыхательных путей. Наоборот, отрицательное трансмуральное давление поддерживает дыхательные пути открытыми, увеличивая их просвет. 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 экстра- и интраторакальная обструкция* (например, при параличе голосовых связок, увеличении щитовидной железы) вызывает избирательное ограничение воздушного потока при вдохе. Во время выдоха давление внутри дыхательных путей увеличивается и превышает 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. 5, А).

При *переменной интраторакальной обструкции* (например, при опухоли нижнего отдела трахеи (ниже яремной ямки грудины), трахеомалации, гранулематозе Вегенера или редицивирующем 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. Инспираторные потоки могут мало меняться, если плевральное давление более отрицательное, чем давление в дыхательных путях. Характерная кривая поток–объем представлена на рисунке 5, Б.

При *фиксированной обструкции* (например, при опухолях на любом уровне верхних дыхательных путей или 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 (рис.5, В).

Для характеристики вышеуказанных поражений верхних дыхательных путей используются различные показатели, например, соотношение инспираторных и экспираторных потоков на уровне 50% жизненной емкости ( $МОС_{50вд}/МОС_{50выд}$ , в норме это соотношение приблизительно равно 1,5). Это соотношение наиболее значительно меняется при переменной экстраторакальной обструкции и неспецифично для другой патологии (рис.5). При подозрении на изолированную обструкцию верхних дыхательных путей следует подтвердить диагноз эндоскопически или рентгенологически.

#### **Классификация тяжести обструктивных вентиляционных нарушений**

В большинстве случаев функция легких во многом определяет способность больного к повседневной физической активности, качество жизни и прогноз заболевания, в том числе риск летального исхода не только от заболеваний органов дыхания, но и от сердечно-сосудистой патологии. Было показано, что у лиц некоторых профессий  $ОФВ_1$  и  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  являются независимыми факторами риска летального исхода, в том числе от заболеваний органов дыхания. Кроме того, мета-анализ шести обзоров, посвященных смертности в различных профессиональных группах в Великобритании, продемонстрировал, что существует связь между риском смерти от ХОБЛ и  $ОФВ_1$ . Пациенты,  $ОФВ_1$  которых при начальном обследовании был ниже среднего значения более чем на 2 SD, по сравнению с пациентами,  $ОФВ_1$  которых был не ниже 1 SD от среднего, имели в 12 раз более высокий риск смерти от ХОБЛ, в 10 раз - от неопухолевых легочных заболеваний и вдвое – от сосудистых заболеваний в течение 20-летнего периода наблюдения. Доказано, что в большинстве случаев  $ОФВ_1$  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 используют степень отклонения  $ОФВ_1$  от должного значения (табл. 2). Эту классификацию не применяют у пациентов с обструкцией верхних дыхательных путей, когда даже слабо выраженная обструкция может быть опасна для жизни.

Для определения тяжести обструктивных нарушений не рекомендуется использовать отношение  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ , поскольку при прогрессировании заболевания  $ОФВ_1$  и  $ФЖЕЛ$  могут снижаться синхронно, а их соотношение останется при этом нормальным. 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 (50 % и менее), а  $ОФВ_1$  будет соответствовать обструкции легкой степени.

Таблица 2. Классификация тяжести обструктивных нарушений легочной вентиляции

<b><math>ОФВ_1</math>, %должн.</b>	
Легкие	>70%
Умеренные	60 – 69%
Среднетяжелые	50 – 59%
Тяжелые	35 – 49%

Крайне тяжелые	< 35%
----------------	-------

### **Рестриктивные вентиляционные нарушения**

Рестриктивные нарушения вентиляции обусловлены процессами, снижающими растяжимость легких и, следовательно, ограничивающими наполнение легких воздухом. В начале развития патологических нарушений, когда объем легких еще не снижен, скоростные показатели и отношение  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  могут увеличиваться вследствие того, что паренхима легких оказывает большее растягивающее действие на дыхательные пути: просвет бронхов увеличивается относительно объема легких. При прогрессировании заболевания происходит уменьшение воздушности легочной ткани. Это проявляется снижением ЖЕЛ, кривая поток-объем становится высокой и узкой (рис. 6, А). Пиковая объемная скорость 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 (рис. 6, Б).

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 легких следует измерить диффузионную способность легких и общую 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 недостаточно спирометрического исследования, а следует выполнить бодиплетизмографию и измерить легочные объемы.

### **Смешанные вентиляционные нарушения**

Смешанные нарушения легочной вентиляции развиваются при сужении просвета дыхательных путей на фоне уменьшения легочных объемов. При этом спирометрия будет регистрировать одновременное снижение ФЖЕЛ,  $ОФВ_1$  и  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ .

Для уточнения характера функциональных нарушений необходимо выполнять бодиплетизмографию с измерением легочных объемов.

## **8. БРОНХОДИЛАТАЦИОННЫЙ ТЕСТ**

При первичном исследовании функции дыхания почти всегда желательно выполнить бронходилатационный тест (*или бронходилатационную пробу*), то есть повторить спирометрию после ингаляции бронходилататора.

### **8.1. Показания для проведения бронходилатационного теста:**

1. установление обратимости бронхиальной обструкции, включая пациентов с нормальными показателями исходной спирометрии;
2. определение потенциального эффекта бронхолитической терапии;
3. мониторинг динамики легочной функции у больных с хроническими респираторными заболеваниями при длительном (многолетнем) наблюдении.

Противопоказаний к проведению бронходилатационного теста не существует за исключением тех ситуаций, в которых противопоказано выполнение спирометрии, и случаев непереносимости бронхорасширяющих препаратов. Если пациент не переносит  $\beta_2$ -агонисты, то в качестве бронходилататора можно использовать М-холинолитик короткого действия.

## 8.2. Методика проведения бронходилатационного теста

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

Если врач ставит задачей исследовать обратимость бронхиальной обструкции, то перед проведением бронходилатационного теста следует прекратить использование любых бронхорасширяющих препаратов на срок, соответствующий длительности их действия. Короткодействующие ингаляционные  $\beta_2$ -агонисты (сальбутамол, фенотерол) и антихолинергические препараты (ипратропия бромид) следует отменить 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 препараты отменить нельзя, то в протоколе исследования указывают название препарата, дозу и время последней ингаляции.

Если бронходилатационный тест проводится с целью выявить возможность 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 зависит от многих факторов, определяющих достоверность результатов: выбора бронходилататора 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 воспроизводимости как исходной, так и повторной спирометрии и способа расчета бронходилатационного ответа. На сегодняшний день не существует единого стандарта выбора бронходилататора, дозы или способа его применения при проведении бронходилатационного теста. Однако можно минимизировать внутри- и межлабораторные различия при использовании дозированных аэрозольных ингаляторов, если придерживаться стандартных рекомендаций. Для достижения максимально возможной бронходилатации рекомендуется использовать короткодействующие  $\beta_2$ -агонисты, например сальбутамол, в виде дозированного аэрозольного ингалятора в максимальной разовой дозе 400 мкг (четыре ингаляции по 100 мкг с интервалом в 30 сек) или фенотерол в максимальной разовой дозе 400 мкг (4 ингаляции по 100 мкг с интервалом в 30 сек) 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 сек). Без использования спейсера вдыхаемая фракция аэрозоля меньше и ее величина в значительной степени зависит от синхронизации вдоха с активацией ингалятора. Повторную спирометрию проводят через 15 минут. При использовании М-холинолитика в качестве бронходилататора максимальная разовая доза составляет 160 мкг (4 дозы по 40 мкг) или их комбинации; повторную спирометрию выполняют через 30 мин [2, 7].

## 8.3. Интерпретация результатов бронходилатационного теста

Обратимость бронхиальной обструкции определяется по изменению ОФВ<sub>1</sub> или ФЖЕЛ. Другие показатели спирометрии, в том числе 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 бронходилатационного ответа состоит из нескольких этапов. На первом этапе необходимо определить, превышают ли полученные данные вариабельность измерения, которая составляет <8 %, или <150 мл [2, 7]. На сегодняшний день не существует единого мнения о том, как оценивать обратимость бронхиальной обструкции. Разные



исследователи используют для вычисления бронходилатационного ответа различные методы и спирометрические показатели. Самым распространенным способом выражения бронходилатационного ответа является абсолютное и относительное (в процентах от исходных значений либо от должных величин) изменение спирометрических показателей. Кроме того, как упоминалось ранее, не существует единого стандарта выбора препарата, дозы и способа введения. Тем не менее, согласно последним рекомендациям ERS и ATS, абсолютное и относительное изменение  $ОФВ_1$  и/или ФЖЕЛ (коэффициент бронходилатации - КБД) позволяют достаточно точно определить обратимость обструкции дыхательных путей [2, 7]. Бронходилатационный тест считается положительным, если после ингаляции бронходилататора КБД составляет более 12%, а абсолютный прирост - более 200 мл.

$$КБД = \frac{\text{Показатель}_{\text{после}} \text{ (мл)} - \text{Показатель}_{\text{исх}} \text{ (мл)}}{\text{Показатель}_{\text{исх}} \text{ (мл)}} \times 100\%;$$

Абсолютный прирост (мл) = Показатель<sub>после</sub>(мл) - Показатель<sub>исх</sub>(мл),

где Показатель<sub>после</sub> - значение спирометрического показателя после ингаляции бронходилататора, Показатель<sub>исх</sub> - значение спирометрического показателя до ингаляции бронходилататора [7].

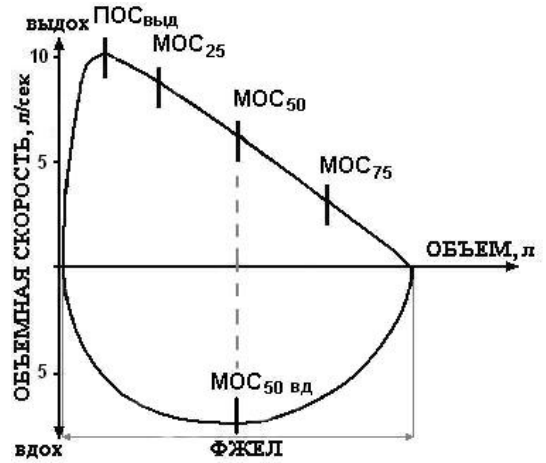
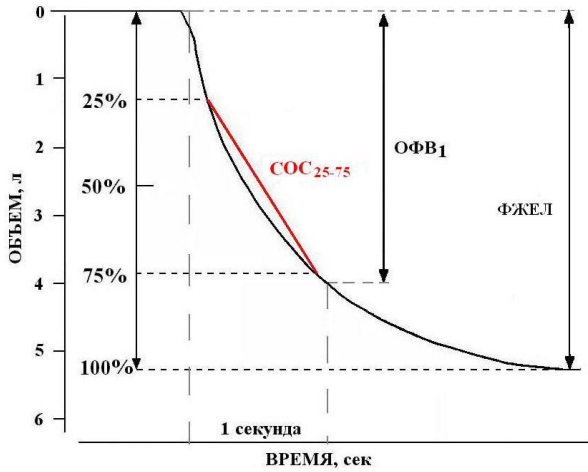
Если изменение  $ОФВ_1$  и ФЖЕЛ не значимо, то о положительной реакции на бронходилататор может свидетельствовать уменьшение гиперинфляции легких (снижение общей емкости легких и остаточного объема легких и, как результат, увеличение инспираторной емкости легких) [7]. В отличие от больных с бронхиальной астмой, при ХОБЛ ответ на антихолинергические препараты не менее, а иногда и более выражен, чем при назначении  $\beta_2$ -агонистов.

Отсутствие положительной реакции на короткодействующий бронхолитик в условиях бронходилатационного теста не означает нецелесообразности назначения этих препаратов пациенту с терапевтической целью.

Бронходилатационный тест не позволяет дифференцировать бронхиальную астму и хроническую обструктивную болезнь легких, так как при обоих этих заболеваниях могут встречаться больные как с положительной реакцией на бронхолитик, так и ее отсутствием [4].

**Рекомендуемая 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. 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.
6. 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.
7. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2005; 26: 948-968.



а)

б)

Рисунок 1. а) Спирограмма форсированного выдоха. ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких, ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1 секунду, СОС<sub>25-75</sub> – средняя скорость форсированного экспираторного потока на уровне 25-75% ФЖЕЛ. б) Нормальная петля поток-объем, полученная при максимальных вдохе и выдохе. ПОС<sub>выд</sub> – пиковая объемная скорость выдоха, равная 10,3 л/сек; МОС<sub>25</sub>, МОС<sub>50</sub> и МОС<sub>75</sub> – максимальные объемные скорости, когда пациент выдохнул соответственно 25, 50 и 75% объема ФЖЕЛ, равные 8,8 л/сек, 6,3 л/сек и 3,1 л/сек. МОС<sub>50вд</sub> – максимальная объемная скорость, когда пациент вдохнул 50% ФЖЕЛ, равная 7,5 л/сек. Обычно МОС<sub>50вд</sub> в 1,5 раза больше МОС<sub>50выд</sub>.

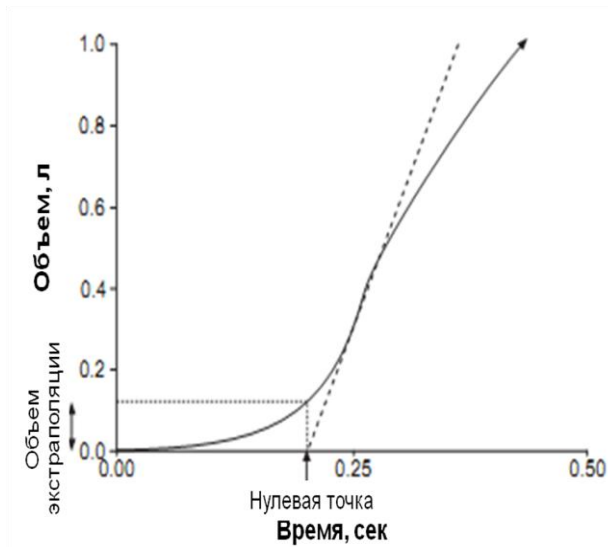


Рисунок 2. Расчет объема обратной экстраполяции ( $V_{0э}$ ) = 146 мл, при форсированной емкости легких равной 3 литра, объем обратной экстраполяции=4,9 %.

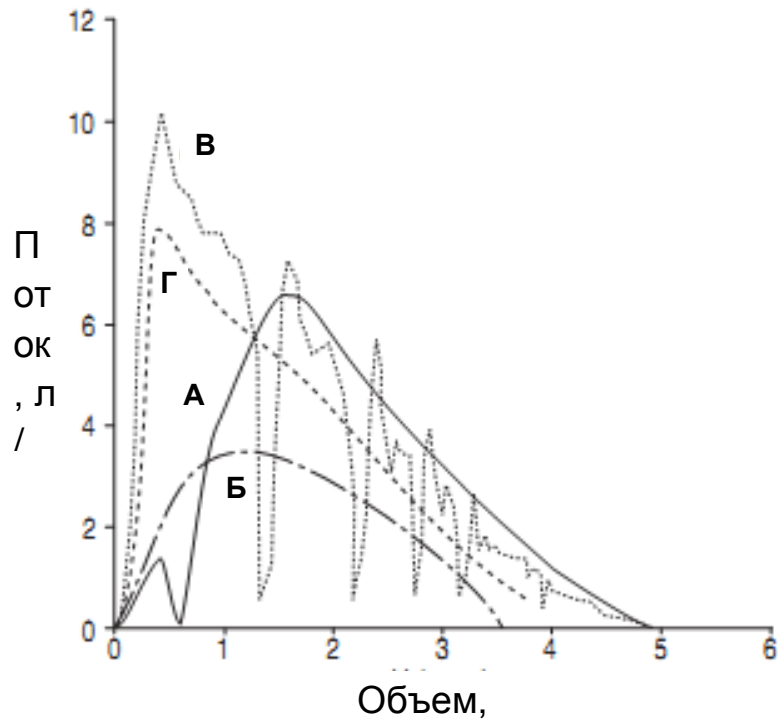


Рис. 3. Наиболее частые ошибки при выполнении маневра форсированного выдоха  
 А – медленное начало, Б – недостаточное усилие, В – кашель, Г – ранее завершение выдоха [6].

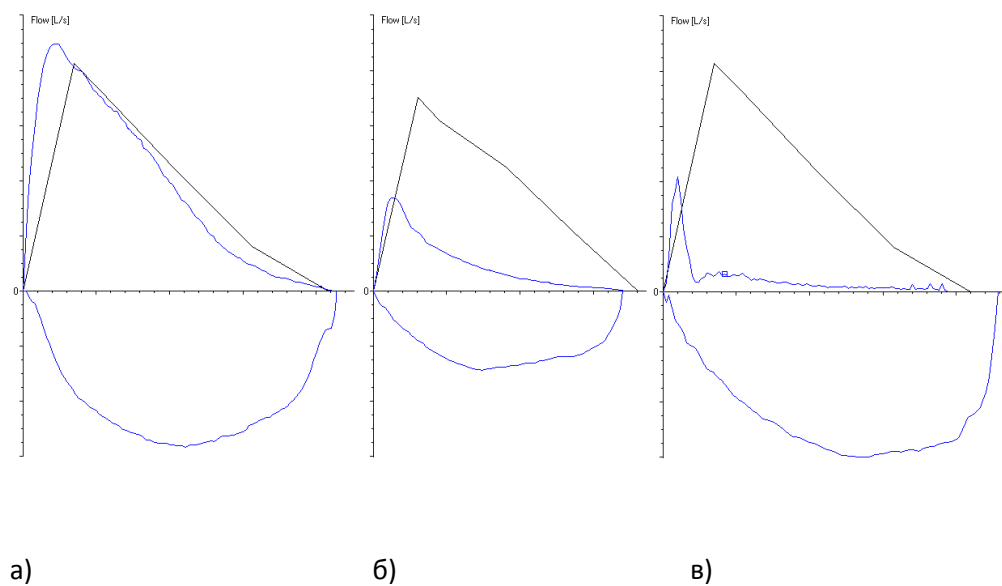


Рисунок 4. Кривые поток-объем у больных с обструктивными заболеваниями органов дыхания: а)-б) бронхиальной астмой и в) эмфиземой легких.

