

Российский университет дружбы народов

Ю. Ф. Сахно, Д. В. Дроздов, С. С. Ярцев

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ
ФУНКЦИИ ЛЁГКИХ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Москва, издательство РУДН, 2005

Ю. Ф. Сахно, Д. В. Дроздов, С. С. Ярцев Исследование вентиляционной функции лёгких: учебно-методическое пособие. М., Издательство РУДН, 2005. 84 с.

В учебно-методическом пособии рассматриваются избранные вопросы клинической физиологии дыхания, выбора аппаратуры для исследования вентиляционной функции лёгких, современная методика проведения исследований и интерпретации их результатов. Методика исследования ФВД описывается применительно к выпускаемому отечественной промышленностью спирометру «СпироС-100», однако может использоваться в работе с другими типами спирометрического оборудования. Особое внимание уделяется клинической интерпретации результатов исследований. Приведены примеры протоколов исследований и формулировки заключений по ним.

Методическое пособие рекомендуется для курсов повышения квалификации врачей функциональной диагностики, пульмонологов, терапевтов, а также средних медицинских работников по специальности функциональная диагностика.

Утверждено как учебно-методическое пособие Учёным Советом Факультета повышения квалификации медицинских работников РУДН (протокол № 1 от 15 февраля 2005 г.).

Введение

Исследование дыхания является насущной проблемой различных медицинских специальностей. В настоящее время измерение лёгочной вентиляции стало рутинной практикой ЛПУ всех уровней – от амбулаторий и кабинетов семейных врачей до специализированных диагностических центров различного профиля.

Показания к исследованию вентиляции лёгких широкие. Результаты исследований позволяют своевременно выявлять патологию бронхо-лёгочного аппарата, проводить объективную количественную оценку состояния пациента, динамики развития заболевания, воздействия лечебных и реабилитационных мероприятий. Существенна роль оценки ФВД в профессиональном отборе, экспертизе трудоспособности и других видах экспертной деятельности, спортивной медицине. Без адекватного исследования лёгочной вентиляции невозможен выбор тактики анестезиологического пособия.

Однако в ряде случаев ФВД не исследуется, даже при наличии прямых показаний. Среди наиболее частых причин этого можно выделить как объективные (тяжёсть состояния пациентов, недостатки организации медицинской службы, низкая материально-техническая оснащенность некоторых ЛПУ и др.), так и субъективные (низкая квалификация персонала, недостаточное внимание к этим исследованиям и пр.) факторы.

В последние годы в ЛПУ значительно расширился парк современной аппаратуры для диагностики ФВД. На смену простейшим приборам, измерявшим всего несколько параметров лёгочной вентиляции, пришли современные автоматизированные спирометрические системы, сделавшие рутинными измерения одновременно до нескольких десятков показателей. Диагностические возможности современной аппаратуры обуславливают необходимость комплексной оценки полученных результатов.

Учебно-методическое пособие преследует цель в определенной степени восполнить намечающийся информационный пробел в области диагностики лёгочной вентиляции. Основное внимание уделяется практическим вопросам: подготовке пациента к исследованию, собственно методикам измерения параметров ФВД, интерпретации полученных данных, соблюдению санитарно-эпидемиологического режима. Несмотря на то, что обсуждение практики работы со спирометром проводится на примере отечественного прибора «Спиро С-100» (Альтоника, Москва), пособие может быть использовано при работе со всеми современными спирометрическими и пневмотахометрическими системами.

Пособие состоит из пяти глав. В первой главе рассматриваются избранные вопросы клинической физиологии дыхания в необходимом для трактовки результатов спирометрии и пневмотахометрии объёме. Следующая глава посвящена описанию способов исследования лёгочной вентиляции, включая технические аспекты измерений потоков и объёмов дыхания, соотношения между основными статическими объёмами лёгочной вентиляции, потоками форсированного выдоха. В третьей главе приводятся показания и противопоказания к спирометрии и пневмотахометрии. Четвертая глава посвящена описанию методик проведения спирометрии и пневмотахометрии, а также исследования максимальной вентиляции лёгких и проведения бронходилатационных и бронхопровокационных проб. Заключительная глава посвящена интерпретации результатов исследования лёгочной вентиляции и функциональных проб; представлены примеры анализа данных реальных исследований ФВД.

Для удобства поиска информации пособие снабжено списками таблиц и иллюстраций, предметным указателем иложениями. В пособии *курсивом* выделены важные по смыслу положения, обратите на них особое внимание. **Определяемые термины** выделены так же, как в этом предложении. Шрифт *такого* начертания использован для обозначения кнопок на клавиатуре спирометра.

Список наиболее распространенных обозначений параметров вентиляции лёгких приведен в прил. А (стр. 76). Кроме перечисленных в приложении, в пособии используются следующие аббревиатуры:

BTPS – стандартные условия спирометрии (body temperature, pressure, saturation – температура, давление и относительная влажность тела, т.е. как в лёгких)

ДЦ – диагностический центр

ИВЛ – искусственная вентиляция лёгких

ЛПУ – лечебно-профилактическое учреждение

МСЧ – медико-санитарная часть

ПК – персональный компьютер

ФВД – функция внешнего дыхания

ХОБЛ – хронические обструктивные болезни лёгких

1. Избранные вопросы клинической физиологии дыхания

Дыхание — газообмен кислорода и углекислого газа между клетками организма и окружающей средой — включает вентиляцию лёгких, лёгочный газообмен, транспорт газов кровью и тканевое дыхание. Без адекватных лёгочной вентиляции и газообмена невозможно обеспечение высокой эффективности других фаз дыхания, что приводит к развитию дыхательной недостаточности. Таким образом, исследование вентиляции лёгких и газообмена, наряду с определением парциального давления кислорода и углекислого газа в артериальной и венозной крови, являются основополагающими в диагностике дыхательной недостаточности.

Адекватная потребностям тканевого дыхания вентиляция лёгких обеспечивается согласованной работой регулирующих дыхание систем, свойствами паренхимы лёгких, состоянием воздухопроводящих путей, дыхательной мускулатуры, костно-мышечного каркаса грудной клетки. Вентиляция лёгких рассматривается как основополагающий процесс дыхания, нарушение которого обуславливает до $\frac{3}{4}$ случаев дыхательной недостаточности.

Адекватность газообмена в лёгких зависит от суммарной площади активных альвеол, свойств сурфактанта и лёгочной паренхимы, состояния малого круга кровообращения. С учетом большой методической сложности газообмен в лёгких исследуется реже, прежде всего в специализированных пульмонологических и фтизиатрических учреждениях.

Вентиляция лёгких в обычных условиях представляет двухфазный процесс периодической смены вдоха и выдоха и осуществляется ритмическими сокращениями дыхательной мускулатуры. При вдохе в альвеолах возникает отрицательное давление, и воздух из атмосферы начинает поступать в лёгкие. Объём вды-

хаемого воздуха и скорость его движения определяются величиной и динамикой развития мышечного усилия, развивающегося дыхательной мускулатурой, а также сопротивлением дыхательных путей и растяжимостью лёгких. В конце вдоха давление в альвеолах становится равным атмосферному, и движение воздуха по трахеобронхиальному дереву прекращается.

Запасенной при растяжении лёгких энергии достаточно, чтобы выдох при спокойном дыхании выполнялся пассивно. Мускулатура выдоха включается только при усилении вентиляции. В фазе выдоха на лёгкие действует усилие, обусловленное их эластической ретракцией, в результате чего давление в альвеолах превышает атмосферное, и происходит выталкивание воздуха из лёгких.

В зависимости от потребностей организма, внешних условий и состояния дыхательной системы вентиляционные процессы могут принимать различные формы. В обычных условиях, во время спокойного дыхания, действует лишь небольшая часть вентиляционных возможностей организма. Появление и увеличение физической нагрузки постепенно переводит дыхательный процесс в режим МВЛ, характеризующийся максимальным углублением и учащением дыхания. Некоторые физиологические акты (кашель, чихание) и специальные условия диагностических тестов происходят в режиме форсированного дыхания, когда максимальные по амплитуде дыхательные манёвры выполняются за минимальные интервалы времени при активном участии дыхательной мускулатуры.

Детально динамика дыхания рассматривается в разд. 2.2 и 2.3, при обсуждении спокойного и форсированного дыхания.

Различные по своему генезу патологические процессы в лёгких могут вызывать сходную клиническую симптоматику (одышку, цианоз, кашель и др.). Дифференциация этих состояний возможна при исследовании как вентиляции лёгких, так и газообмена. Учитывая высокую информативность и методическую доступность вентиляционных проб, в клинической практике шире используется исследование вентиляции лёгких, чем исследование

обмена газов. Такой подход является общепринятым в настоящее время.

С учетом потребностей клинической оценки функции дыхания выделяют два типа вентиляционной недостаточности: обструктивный и рестриктивный, а также нарушения смешанного типа.

Обструктивные нарушения вентиляции лёгких связаны с нарушением прохождения воздуха к альвеолам. Они могут быть обусловлены как внелёгочными причинами (обструкция или деформация верхних воздухопроводящих путей, патология гортани, инородные тела и др.), так и рядом патологических процессов бронхов и лёгких: спазмом гладкой мускулатуры бронхов, воспалительной инфильтрацией или отеком слизистой бронхов, увеличением количества или вязкости секрета в бронхах, их деформацией вследствие различных причин, экспираторным коллапсом бронхов и другими причинами.

Рестриктивные нарушения могут быть обусловлены как лёгочными, так и внелёгочными факторами. Наиболее распространёнными лёгочными причинами являются инфильтративные и воспалительные изменения лёгочной ткани, пневмосклероз, фиброз лёгких, уменьшение объёма лёгких вследствие операции, ателектаза или врожденной гипоплазии и др. Среди внелёгочных факторов развития рестриктивных нарушений доминирует патология плевры, пневмоторакс, патология костно-мышечного аппарата грудной клетки, снижение подвижности диафрагмы вследствие различных причин, включая заболевания брюшной полости и болевой синдром. Рестриктивные нарушения дыхания могут вызываться сердечной недостаточностью с возникновением застоя в малом круге кровообращения и другими причинами.

Нарушения **смешанного типа** вызываются комбинацией разных причин. При диагностике этих нарушений порой бывает сложно выделить, какой из патологических процессов — обструкция или рестрикция — является доминирующим. Однако такое выделение важно с клинической точки зрения (см. разд. 5.2) для адекватного учета в диагностике и терапии.

Даже при нормальной вентиляционной функции лёгких может развиваться дыхательная недостаточность вследствие нарушений на других этапах процесса дыхания. Исследование ФВД в таких случаях не дает исчерпывающей диагностической информации. В таких случаях необходимо проводить не только диагностику газообмена в лёгких, но и исследовать газотранспортную систему крови и тканевое дыхание. Исследование вентиляционной функции лёгких при этом обязательно используется в комплексной оценке состояния пациента.

Клиническая оценка вентиляционной функции лёгких основывается на сопоставлении результатов *правильно выполненного* пациентом дыхательного манёвра с *должными величинами*. Должные величины характеризуют нормальные для данной популяции параметры вентиляции лёгких. Нормативные значения зависят от пола, возраста, роста¹ пациента и его принадлежности к определенной расе. У детей нормативы в меньшей степени зависят от возраста, чем от пола и роста.

Считается, что если результаты пациента превышают 80% от должных величин, то нарушений вентиляции лёгких нет.

Приблизительно до 25 лет происходит увеличение показателей лёгочной вентиляции, затем наблюдается возрастная инволюция. Популяционными исследованиями установлено, что зависимость показателей ФВД от возраста и роста в определенные возрастные периоды носит практически линейный характер. Это позволяет определять должные величины расчетным путем, используя уравнение линейной регрессии: $ДВ = k_1 \cdot Рост + k_2 \cdot Возраст + b$, где $ДВ$ — должная величина; k_1 и k_2 — коэффициенты, зависящие от возрастной группы, пола и расы пациента; b — т. н. свободный член уравнения регрессии. В большинстве систем нормативов для взрослых имеются по четыре уравнения регрессии для каждой должной величины

¹Иногда в должностных величинах учитывают ещё и массу тела пациента. Однако показано, что влияние последней на должностные вентиляции лёгких минимально и находится в пределах корреляции массы тела с ростом.

(по два для мужчин и женщин разных возрастов). В системах нормативов для детей (от 6 лет) используются дополнительные уравнения регрессии для учета различных возрастных периодов или роста.

Для каждого обследуемого должны величины либо рассчитываются прибором автоматически, на основании введенных до исследования данных пациента; либо определяются по таблицам. В последнем случае оценка результатов исследований ФВД со-пряжена со значительным объемом выполняемых вручную вычислений.

На основе популяционных исследований разработаны несколько десятков систем должных величин. Наиболее известными и применяемыми в нашей стране являются системы нормативов Р.Ф. Клемента и соавт. (Санкт-Петербург) [6], Knudson, Европейского общества угля и стали (ECCS). При работе со спирометрами зарубежного производства необходимо уточнить, какая система должных величин в них используется. Особенno это важно для спирометров, произведенных в Азии (Япония, Китай, др. страны), поскольку должные величины для представителей желтой расы значительно отличаются от европейских.

Каждая система должных величин характеризуется диапазонами возраста и роста пациентов, к которым она применима (см. табл. 1.1). Нормативы Р.Ф. Клемента и ECCS могут использоваться у лиц от 18 до 70 лет. Должные величины по Knudson могут применяться, если возраст обследуемого от 6 до 120 лет. В нашей стране для детей также широко используется система должных величин И.С. Ширяевой [11,20,21], а также Р.Ф. Клемента [7] для детей от 6 лет.

На практике складываются ситуации, когда рост или возраст пациента выходит за рамки одного из ограничений системы должных величин. Например, для мужчины 71 года система должных величин Р.Ф. Клемента неприменима (возраст больше 70 лет). Для девочки 9 лет ростом 151 см должные величины ФВД по Knudson также не будут расчитаны, поскольку для девочек в возрасте 6–10 лет имеется ограничения по росту

Таблица 1.1
Допустимые диапазоны возраста и роста пациентов в некоторых системах должных величин показателей ФВД

Система	Пол	Допустимый диапазон	
		Возраст, лет	Рост, см
Клемент	Мужчины	6–17	100–199
		18–70	149–203
	Женщины	6–17	100–199
		18–70	140–185
ECCS	Мужчины	18–70	153–200
	Женщины	18–70	143–182
Knudson	Мужчины	6–11	110–155
		12–25	138–200
		26–120	151–200
	Женщины	6–10	105–148
		11–20	130–185
		21–120	144–180

(105–145 см). В таких случаях необходимо обращаться к таблицам должных величин для выбора наиболее близких значений должных величин, отражающих физиологические особенности конкретного пациента.

Следует учитывать, что не все параметры вентиляции лёгких, определяемые при исследовании на разных моделях спирометров, имеют должные величины. В большинстве систем нормативов имеются должные величины для: *ЖЕЛ*, *ФЖЕЛ*, *ОФВ₁*, индексов *ОФВ₁/ЖЕЛ* или *ОФВ₁/ФЖЕЛ*, *ПОС*, *МОС₂₅*, *МОС₅₀*, *МОС₇₅*. Сопоставления этих величин с должностными достаточно для клинической интерпретации результатов рутинных исследований ФВД (см. разд. 5.2).

2. Способы исследования вентиляции лёгких

2.1 Общие принципы измерения вентиляции лёгких

В настоящее время стало стандартом измерять как объёмы различных фаз дыхательного цикла, так и скорости потоков на вдохе и выдохе. Исследование проводится как при спокойном, так и при глубоком или форсированном дыхании.

Спирометрия — метод измерения дыхательных объёмов. При графической регистрации результатов исследования получают график, называемый *спирограмма*, по оси абсцисс (горизонтальной) которого откладывают время, а по оси ординат (вертикальной) — объём. Детально основные дыхательные объёмы и элементы спирограммы описаны в разд. 2.2. Спирометрия ведет отсчет своей истории с 1846 г., когда британский врач Дж. Хатчинсон (J. Hutchinson) опубликовал сообщение об изобретенном им *спирометре*.

Пневмотахометрия — метод измерения потока (объёмной скорости) воздуха при спокойном или форсированном дыхании. Пионером в этой области был швейцарский физиолог и инженер А. Флейш (A. Fleisch), сконструировавший в 1925г. прибор для регистрации объёмной скорости потоков воздуха в процессе дыхания, получивший название «пневмотахограф».

Поскольку скорость потока воздуха при дыхании не является постоянной, то либо измеряют максимальные (пиковые) значения скорости (пикфлюметрами), либо исследуют динамику потока в разные фазы дыхательного цикла. Общепринятой в настоящее время является одновременная оценка скорости потока форсированного выдоха и его объёма («петля поток-объём»), которая обсуждается в разд. 2.3.

Современная аппаратура для исследования лёгочной вентиляции, как правило, рассчитана на проведение и спирометрии, и пневмотахометрии. В связи с этим наблюдается тенденция к объединению всех видов исследований лёгочной вентиляции под общим названием **спирометрия**, тем более, что оценка результатов обоих видов исследований должна проводиться совместно. Далее в тексте руководства, если специально не подчеркнуто иное, под термином **спирометрия** понимается комплексное исследование вентиляционной функции лёгких, включающее и собственно спирометрию, и пневмотахометрию. В литературе иногда используются также термины *флоуспирометрия* и *флоуспирометр*, которые подчеркивают комплексный характер современного исследования вентиляционной функции лёгких.

Спирометрическая аппаратура может использовать различные принципы для измерения объёмов и потоков. Понимание принципов измерения позволяет врачам и среднему медперсоналу более уверенно пользоваться приборами и учитывать возможные ошибки при интерпретации результатов измерений.

Принципиально возможно измерять либо поток, а затем вычислять объём по потоку и времени; либо первично измерять объём, после чего рассчитывать потоки. В современной аппаратуре используется преимущественно первый подход.

При обсуждении спирометрической аппаратуры всегда необходимо иметь в виду, что любой прибор, если он создает сопротивление потоку воздуха при дыхании, искажает результаты измерений. Поскольку при проведении спирометрии дыхание производится в приёмник воздушного потока, то его сопротивление оказывается важной характеристикой прибора, влияющей на результаты измерений. Существенно, что *любая* трубка или система трубок будет обладать тем или иным сопротивлением, поэтому полностью избавиться от влияния сопротивления спирометра на параметры дыхания не возможно.

Сопротивление потоку измеряют по разнице давлений в потоке на входе и выходе из приёмника воздушного потока спирометра. Перепад давлений зависит от скорости потока, поэтому

часто перепад давления делят на скорость потока и представляют результаты в $\text{Па} \cdot \text{с} / \text{л}$. С учётом нелинейной зависимости сопротивления от скорости потока в технических характеристиках спирометров могут приводиться не одна, а несколько величин сопротивления для разных потоков.

Спирометр Хатчинсона представлял собой колокол, в который производился выдох или из которого осуществлялся вдох. Такая конструкция создает значительное сопротивление дыханию, из-за этого спирометры с закрытым контуром в настоящее время практически не используются. В современных приборах для исследования ФВД вдох и выдох осуществляется из атмосферы (*открытый контур*), а закрытый дыхательный контур сохраняет своё значение в аппаратуре для исследования газообмена в лёгких.

Ниже перечисляются наиболее распространенные способы измерения объёмной скорости потока дыхания и обсуждаются их, существенные для физиологической оценки результатов, особенности. Дыхательные объёмы вычисляются автоматически путём интегрирования объёмной скорости по времени.

Измерители потока на основе *дифференциального манометра* работают на едином принципе. При прохождении потока воздуха через некоторое сопротивление (сетка, сужение трубы и т.п.) возникает перепад давления в потоке (перед преградой давление повышается, за ней — понижается). Разность давлений тем больше, чем выше скорость потока. Эта разница улавливается дифференциальным манометром. В результате рассчитывается объёмная скорость потока и прошедший через трубку объём воздуха.

Совершенствование дифференциальных манометров привело к существенному повышению чувствительности и возможности заметно уменьшить необходимую величину пневматического сопротивления, создающего перепад давления. В современных конструкциях величина вносимого сопротивления снизилась до $60\text{--}100 \text{ Па} \cdot \text{с} / \text{л}$ (при объёмной скорости потока 10 л/с), такое

сопротивление практически не оказывает влияния на результаты измерений ФВД.

В качестве элемента сопротивления может использоваться набор прилежащих друг к другу капиллярных каналов («трубка Флейша» и её модификации), достаточно частая сетка («трубка Лилли» (J. Lilly) и её модификации), т.н. диафрагма — местное сужение просвета канала для воздушного потока и др.

Существенной проблемой при использовании резистивных элементов высокого сопротивления (трубки Флейша и Лилли) является конденсация на них влаги. Для предотвращения этого резистивный элемент подогревают до температуры 35–40 °С. Это приводит, во-первых, к необходимости расходовать энергию на подогрев элемента сопротивления, во-вторых, к задержке между включением прибора и возможностью начать исследования, достигающей 10–15 мин.

Еще одной проблемой резистивных элементов высокого сопротивления является значительное изменение характеристики преобразования при изменении сечения пневмосопротивления. Засорение каналов трубы Флейша или сетки в трубке Лилли может происходить при отложении мокроты, слюны, пыли и др. При этом существенно страдает точность измерения скорости потока и объёмов (оба показателя завышаются, что приводит к значительным ошибкам в оценке лёгочной вентиляции).

Для правильного пересчета перепада давления в объёмную скорость потока во многих конструкциях необходимо учитывать плотность воздуха, для чего информационный блок спирометра должен располагать информацией о температуре и атмосферном давлении. Чаще всего для измерений используют достаточно точные лабораторные барометр и термометр, а информацию вводят в прибор вручную. В некоторых случаях требуется ввод и относительной влажности воздуха, измеряемой при помощи психрометра.

Турбинные измерители скорости потока преобразуют импульс движения воздуха во вращение крыльчатки. Частота вращения ротора пропорциональна скорости потока, а число оборо-

тов — объёму пришедшего воздуха. В современных конструкциях вращение турбины регистрируется оптическим методом, что позволяет значительно уменьшить потери на трение. Предложены многообразные конструкции турбинных датчиков, результатом совершенствования которых явилось значительное снижение общего сопротивления измерителя потоку воздуха (до 160–220 Па · с / л при 10 л/с в лучших современных приборах).

Проблемами при использовании турбин являются их инерционность и высокая вероятность механического повреждения. Механическая прочность турбины и инерционность, к сожалению, являются противоречивыми свойствами (увеличение прочности при использовании того же материала приводит к увеличению массы ротора турбины, что увеличивает инерционность). Инерционность приводит к тому, что резкие изменения потока неадекватно измеряются прибором, что может приводить к ошибкам в определении объёмов и времени фаз дыхательного цикла. Ещё одна проблема при эксплуатации турбинных измерителей — сложность санитарной обработки, поскольку механическое воздействие на турбину чаще всего приводит к её повреждению, а воздействие химических дезинфицирующих агентов или температуры может повредить подшипники и лопасти ротора турбины.

Рассмотренные конструкции — на основе дифференциального манометра и турбинные — наиболее часто используются в современной спирометрической аппаратуре. Перечисленные ниже типы датчиков применяются реже, однако характеризуются рядом интересных особенностей, которые могут привести к их широкому распространению в будущем.

Термокондуктометрические измерители основаны на эффекте изменения электрического сопротивления охлаждаемого воздушным потоком нагретого терморезистора. Степень охлаждения терморезистора зависит от скорости и температуры проходящего мимо него воздуха. Существенными недостатками конструкции является высокая инерционность и относительно низкая чувствительность. Также сложно без дополнительных измерительных элементов оценить направление потока воздуха. Од-

нако конструктивные особенности датчика таковы, что сам измерительный элемент может иметь минимальное сопротивление потоку воздуха, сравнимое с сопротивлением отрезка гладкостенной трубы. Санитарная обработка измерительного элемента может представлять определенные проблемы, поскольку поверхность терморезистора может не обладать достаточной механической прочностью и стойкостью к химическим дезинфектантам.

Ультразвуковые датчики используют эффект Допплера для измерения линейной скорости потока газа. У этого типа преобразователей пока не решены ряд теоретических проблем для обеспечения приемлемой точности измерений, особенно для малых потоков. Это сдерживает их широкое применение. Привлекательность этого типа датчиков обуславливается низким сопротивлением потоку и возможностью создания конструкции с индивидуальной (одноразовой картонной или стерилизуемой пластиковой) трубкой, через которую осуществляется дыхание пациента. Это полностью решает проблему стерилизации приёмика воздуха и обеспечения должного санэпидрежима.

Кроме перечисленных выше, имеются и другие конструкции, однако они не получили широкого распространения и всё ещё находятся в фазе лабораторной разработки.

Несмотря на то, что большинство характеристик спирометрической аппаратуры определяется именно параметрами датчика, существенная роль в обеспечении точности измерения и удобства в работе принадлежат остальным конструктивным элементам приборов. Современные спирометры, как правило, кроме датчика воздушного потока и блока обработки поступающих от него данных, имеют:

- клавиатуру для ввода информации и управления работой прибора;
- цифровой(ые) индикатор(ы) или экран для представления результатов измерений;
- принтер (встроенный в прибор или подключаемый отдельно);
- сетевой или автономный источник питания.

Наличие тех или иных конструктивных элементов и их характеристики значительно влияют на диагностические возможности прибора. В последние годы наметилась тенденция к использованию спирометрических приставок к ПК (иногда размещаемых в корпусе стандартного настольного компьютера). Это решение позволяет значительно снизить стоимость измерительной части системы и использовать возможности ПК для представления результатов измерений и ведения базы данных. Однако для многих видов исследования такой прибор, размеры и вес которого определяются стационарным компьютером, оказывается менее удобным, чем автономный портативный спирометр.

Все измерения параметров вентиляции должны приводиться к условиям, в которых воздух находится в лёгких. Эти условия называют BTPS (body temperature, pressure, saturation — «температура, давление, влажность тела»). Большинство спирометров производят необходимые пересчеты автоматически. Для этого перед проведением исследований в спирометр необходимо ввести значение атмосферного давления и температуры, иногда и относительную влажность воздуха¹. Вводимые данные не должны существенно (более, чем на 5–7%) отличаться от реальных, поскольку при значительных отклонениях неизбежны существенные ошибки (до 15%) в определении потоков и объёмов. Если в процессе проведения серии исследований, например, за время работы кабинета, температура или атмосферное давление изменились, то необходимо своевременно ввести правильные значения в прибор.

С коррекцией на условия BTPS связан еще один практический момент: вдыхаемый воздух находится в атмосферных условиях, а выдыхаемый — в близких к BTPS, поэтому коррекция производится только во время одной из фаз дыхательного цикла. Это следует учитывать при калибровке спирометра (в калибра-

¹Некоторые модели спирометров оборудованы соответствующими датчиками и производят измерения автоматически, эта особенность должна быть отражена в инструкции по эксплуатации. Однако, и эти приборы требуют периодического сравнения результатов замеров с достаточно точными термометром и барометром.

торе воздух всегда находится в атмосферных условиях) и не проводить коррекцию на BTPS. Отключение коррекции в процессе калибровки проводится либо вручную, либо автоматически (что должно быть отражено в инструкции прибора).

Спирометрические приборы должны комплектоваться средствами периодической калибровки измерительного тракта — калибровочными шприцами. Считается, что калибровка более точна, если выполняется шприцом объёмом не менее 3 л. В любом случае, необходимо, чтобы объём шприца соответствовал конструкции спирометра. Детальное описание процесса калибровки и частоты её выполнения должны приводиться в инструкции по эксплуатации спирометра. Стабильность характеристик современных конструкций датчиков привела к тому, что калибровка в практической работе может выполняться раз в день (или реже).

Кроме калибровки, которая выполняется работающим с прибором персоналом, спирометры и флюметры должны подвергаться периодической *метрологической поверке*. Цель поверки, проводимой органами Государственной метрологической службы, состоит в своевременном выявлении приборов, не соответствующих по точности измерений требованиям нормативных документов. Как правило, поверка производится ежегодно. О прохождении поверки делается отметка в формуляре (паспорте) прибора, иногда ставится специальное клеймо либо наклейка на сам аппарат. Использовать медицинские измерительные приборы, не имеющие действующей поверки, запрещено. Порядок прохождения периодической поверки определяется инструктивными документами Госстандарта РФ и его местных органов.

Необходимый объём исследования лёгочной вентиляции определяется целью обследования пациента и оснащенностью лечебного учреждения. Предложено [9] выделять несколько уровней ЛПУ и, соответственно этому, классифицировать объём исследований дыхательной функции пациентов (табл. 2.1 и 2.2). Приведенные в таблицах рекомендации определяют желательные требования к аппаратуре для диагностики дыхательной функции, применяемой в ЛПУ различного уровня и профиля. В зави-

Таблица 2.1

Объём исследований функции дыхания на разных уровнях организации медицинской службы

Уровень	Характеристика	Объём исследований дыхательной функции
0	Приборы индивидуального пользования для пациентов с хроническими заболеваниями	$ПОС_{выд}$ или $ОФВ_1$
I	Амбулатория, здравпункт, семейный врач	2–4 параметра: $ЖЕЛ$, $ФЖЕЛ$, $ПОС$, $ОФВ_1$
II	Поликлиника общего профиля, амбулаторная служба МСЧ	5–8 параметров: $ЖЕЛ$, $ФЖЕЛ$, $ПОС$, $ОФВ_1$, $МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$, $СОС_{25–75}$
III	Центральная районная, городская больница, стационар МСЧ	Исследование спокойного и форсированного дыхания, бронходилатационные пробы
IV	Областная, краевая, республиканская больница, фтизиопульмонологический диспансер	Детальное исследование ФВД Бронходилатационные и провокационные пробы Исследования газового состава крови Плетизмографические методы исследования
V	Пульмонологический или фтизиатрический ДЦ; профильный НИИ	Детальное исследование ФВД на выдохе и вдохе Исследование газообмена Определение сопротивления дыхательных путей Бронходилатационные и провокационные пробы Исследование газового состава крови

симости от особенностей лечебно-диагностического процесса и технической оснащенности в конкретном учреждении возможны корректизы приведенных рекомендаций.

Таблица 2.2
Примерные требования к конструкциям спирометрической аппаратуры

Уровень	Датчик	Вычисли- тельное устройство	Устройство вывода результатов	Регистратор
0	Флажковый или турбин- ный	Нет, меха- ническое или микро- процессор- ное	Шкальный указа- тель или знаковый индикатор	нет
I	На основе дифферен- циального маномет- ра или турбинный	Микропро- цессорное	Знаковый индикатор	Может не быть
II	На основе дифферен- циального манометра	То же	Графи- ческий дисплей (допустим знаковый индикатор)	Узкофор- матный принтер (может не быть)
III	То же	— " —	Графи- ческий дисплей	Узкофор- матный принтер
IV	— " —	Микропро- цессорное или на основе ПК	Графи- ческий дисплей или видеомони- тор	Встроенный принтер или принтер ПК
V	На основе дифферен- циального манометра и/или газо- анализатор	На основе ПК	Видеомони- тор	Принтер ПК

Из табл. 2.2 видно, что наиболее широкое применение в амбулаторных и стационарных ЛПУ должны найти переносные или стационарные флоуспирометры для проведения спирометрии и пневмотахометрии выдоха. Обычно приборы массового класса предназначены для автоматического измерения 12–20 показателей вентиляционной функции. Кроме этого, стал стандартным специальный режим для автоматического вычисления динамики ФВД в процессе медикаментозных проб. Приборы с измерением параметров форсированного вдоха, учитывая специфику таких исследований, распространены реже.

При выборе спирометра следует учитывать, прежде всего, сопротивление измерительного тракта дыханию пациента, возможность санитарной обработки датчика и обеспечиваемую аппаратом точность измерения. Считается, что современный флоуспирометр должен обеспечивать измерение объёмов от 0,1 до 10 л, а объёмной скорости потока от 0,1 до 15 л/с. Приемлемой считается точность измерения в пределах 3–5%. Также необходимо, чтобы спирометр, как электрическое устройство, отвечал стандартам безопасности и электромагнитной совместимости для медицинских приборов.

При работе со спирометром немаловажными являются эргономические характеристики. Наличие дисплея достаточного размера с хорошей разрешающей способностью является условием правильного контроля за выполнением дыхательного манёвра со стороны персонала. При наличии клавиатуры, она должна обеспечивать доступ к основным функциям прибора (выбор режима измерения, ввод данных пациента и т.п.) минимальным числом нажатий на клавиши. Желательно, чтобы все надписи на приборе, клавиатура и руководство пользователя были на русском языке.

Несмотря на то, что большинство спирометрий проводятся в кабинетах функциональной диагностики, желательно иметь и портативный, но имеющий широкий набор функций, прибор для проведения спирометрий в палатах тяжелым пациентам. Особен-но важно проведение таких исследований в хирургических ста-

ционарах для выбора параметров ИВЛ во время оперативных вмешательств.

2.2 Спирометрия

В процессе дыхания происходит изменение объёма воздуха, находящегося в бронхо-лёгочной системе. Эти изменения могут быть зафиксированы спирометрической аппаратурой и представлены в виде спирограммы. Рассмотрим основные элементы нормальной спирограммы (рис. 2.1).

Показатели, равные сумме нескольких дыхательных объёмов, принято называть **ёмкостями**.

Дыхательный объём (ДО) — объём воздуха, поступающий в лёгкие во время вдоха. Поскольку дыхание является произвольным процессом и подвержено определенной вариабельности, то при измерении $ДО$ обычно усредняют за несколько (от 3 до 6) циклов дыхания. В покое $ДО$ взрослого человека составляет 500–800 мл.

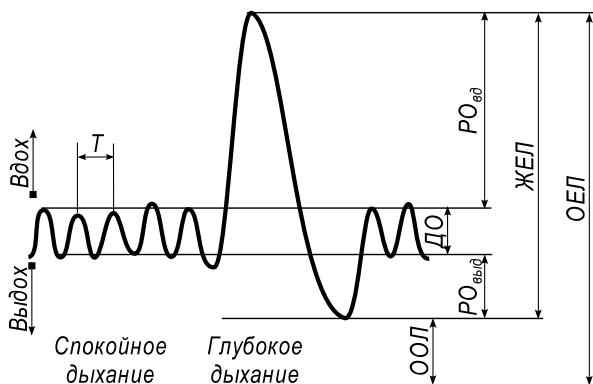


Рис. 2.1. Спирограмма спокойного дыхания и дыхательный манёвр определения ЖЕЛ

Объяснения в тексте.

Часть $ДО$, достигающая альвеол и участвующая в газообмене, называется **альвеолярным объёмом** (AO). В норме AO составляет около 60–70% $ДО$, остальная часть $ДО$ носит название **функционального мёртвого пространства** ($ФМП$). Измерение AO и $ФМП$ прямыми спирометрическими методами невозможно, для этого используют метод разведения газов.

Частота дыхания ($ЧД$) — число дыхательных циклов, совершаемых обследуемым в течение минуты. На практике $ЧД$ вычисляется из средней продолжительности (T) 3–6 дыхательных циклов. Частота дыхания подвержена сильным физиологическим колебаниям и должна определяться в спокойном состоянии.

Минутный объём дыхания ($МОД$ или $МВЛ$ — минутная вентиляция лёгких¹) вычисляется по формуле $МОД = ЧД \cdot AO$.

Аналогично определяют **минутную альвеолярную вентиляцию**: $МАВ = ЧД \cdot AO$, если известен AO .

$МАВ$ и, следовательно, $МОД$ определяется потребностями энергетического обмена организма. Поскольку система дыхания обладает значительными резервными возможностями, $ДО$, $ЧД$, $МОД$ в покое могут незначительно снижаться относительно должных величин даже и при тяжелой патологии.

В случае значительного превышения $МОД$ над потребностями обмена говорят о **гипервентиляции**, при снижении — о **гиповентиляции**. Аналогично могут рассматриваться состояния **альвеолярной гипер- и гиповентиляции**. Альвеолярная гиповентиляция, даже при нормальной способности к лёгочному газообмену и транспорту газов кровью, приводит к тканевой гипоксии и соответствующим метаболическим нарушениям.

Резервные объёмы вдоха и выдоха ($РО_{вд}$ и $РО_{выд}$) — максимальные объёмы, которые пациент может дополнительно вдохнуть или выдохнуть после спокойного вдоха или выдоха соответственно.

¹ Поскольку аббревиатура $МВЛ$ может относиться как к *минутной*, так и к *максимальной* вентиляции лёгких, рекомендуется использовать её для обозначения *максимальной вентиляции лёгких*, а для минутного объёма дыхания — *МОД*.

Ёмкость вдоха ($E_{ВД}$) равна сумме $ДО$ и $РО_{ВД}$ и соответствует объёму воздуха, выдыхаемого при спокойном глубоком вдохе.

Жизненная ёмкость лёгких ($ЖЕЛ$) — сумма $ДО$ и $РО$ вдоха и выдоха. Другими словами, $ЖЕЛ$ — максимальный объём воздуха, который пациент может вдохнуть после максимального выдоха. Как и $E_{ВД}$, $ЖЕЛ$ в первую очередь снижается при рестриктивной патологии. До недавних пор $ЖЕЛ$ была единственным показателем, оцениваемым при массовых исследований ФВД.

Остаточный объём лёгких ($ООЛ$) — объём воздуха, остающийся в лёгких после полного выдоха. Этот показатель не может быть измерен прямой спирометрией, для его определения используют методы разведения гелия или «вымывания» азота кислородом. Соответственно, спирометрией нельзя определить показатели, в которых участвует $ООЛ$.

Общая ёмкость лёгких ($ОЕЛ$) равна сумме $ЖЕЛ$ и $ООЛ$. $ОЕЛ$ — максимальный объём, который могут вместить лёгкие на высоте полного вдоха. $ООЛ$ составляет у молодых лиц 25–30% $ОЕЛ$, у пожилых — до 35%.

Функциональная остаточная ёмкость лёгких ($ФОЕ$) — объём воздуха, остающийся в лёгких после спокойного выдоха, т.е. $ФОЕ = ООЛ + РО_{выд}$.

Увеличение $ОЕЛ$ и $ФОЕ$ при эмфиземе лёгких и других состояниях, сопровождающихся увеличением воздушности лёгочной ткани, отражается в повышении индексов $ООЛ/ОЕЛ$ и $ФОЕ/ОЕЛ$.

В табл. 2.3 приведены вентиляционные параметры, определяемые спирометрическими методами, и диапазоны их колебаний в физиологических условиях у взрослых. Эти данные приведены с целью дать представление о возможной вариабельности показателей. При проведении спирометрии и трактовке её результатов следует проводить сравнение с *должными величинами* (см. стр. 9).

Ниже дана сводка соотношений между основными дыхательными объёмами и ёмкостями.

Таблица 2.3
Параметры, определяемые во время спирометрии

	Параметр	Пределы физиологических колебаний
$ДО$	Дыхательный объём	0,05–2,5 л
$ЧД$	Частота дыхания	8–80 в мин
$МОД$	Минутный объём дыхания	1,5–12 л
T_t	Длительность дыхательного цикла	0,75–7,5 с
$ЖЕЛ_{вд}$	Жизненная ёмкость лёгких на вдохе*	0,5–8,0 л
$ЖЕЛ_{выд}$	Жизненная ёмкость лёгких на выдохе*	0,5–8,0 л
$РО_{выд}$	Резервный объём выдоха	0,1–1,5 л
$РО_{вд}$	Резервный объём вдоха	0,1–3,5 л
$E_{вд}$	Ёмкость вдоха	0,2–5,0 л
$ФЖЕЛ$	Форсированная жизненная ёмкость лёгких	0,5–8,0 л
$МВЛ$	Максимальная вентиляция лёгких	5–200 л

*Пояснения о различии этих показателей приводятся на стр. 41.

$$\begin{aligned}
 ОЕЛ &= ЖЕЛ + ООЛ \\
 ЖЕЛ &= ДО + РО_{вд} + РО_{выд} \\
 ЖЕЛ &= Е_{вд} + РО_{выд} \\
 Е_{вд} &= ДО + РО_{вд} \\
 МОД &= ДО \cdot ЧД
 \end{aligned}$$

При возрастании уровня обмена в организме происходит увеличение как дыхательного объёма, так и частоты дыхания. Максимальный объём воздуха, который организм может провентилировать в течение одной минуты, носит название **максимальной вентиляции лёгких**: $МВЛ = ДО_{макс} \cdot ЧД_{макс}$.

Для избежания развития гипервентиляционного синдрома МВЛ измеряют, побуждая пациента дышать как можно глубже и чаще в течение 12–15 с. Затем полученные значения экстраполируют (пересчитывают) на 1 мин. В современной спирометриче-

ской аппаратуре все вычисления выполняются автоматически и не требуют участия медперсонала.

2.3 Пневмотахометрия

Измерение лишь объёмов дыхания недостаточно для всесторонней оценки лёгочной вентиляции. Со времени создания А. Флайшем пневмотахометра развиваются исследования скорости потоков вдоха и выдоха. Клиническим опытом и физиологическими исследованиями было показано, что наибольшей чувствительностью и специфичностью обладает исследование форсированного дыхания. На практике обычно ограничиваются исследованием параметров форсированного выдоха, поскольку они обладают достаточной информативностью, прежде всего, для дифференциации различных форм обструкции дыхательных путей.

Графическая регистрация форсированного выдоха может осуществляться в разных системах координат, поскольку интерес представляет динамика как потока, так и объёма. Построив графики «объём-время» (пневмограмму) и «поток-время» (рис. 2.2) форсированного выдоха, при их совместном анализе можно детально оценить все фазы дыхательного манёвра, который характеризуется перечисленными ниже параметрами [2,5,10,16,17,19].

На рис. 2.2 видно, что объёмная скорость форсированного выдоха достигает своего максимума за очень непродолжительное время, затем достаточно резко падает; в то время как выдохнутый объём постепенно нарастает.

Форсированная жизненная ёмкость лёгких (ФЖЕЛ) — объём воздуха, выдыхаемый при форсированном выдохе после максимального вдоха. Как правило, **ФЖЕЛ** несколько меньше **ЖЕЛ** или равна ей. Значительное превышение **ФЖЕЛ** над **ЖЕЛ** свидетельствует о неправильном выполнении дыхательного манёвра при измерении **ЖЕЛ**.

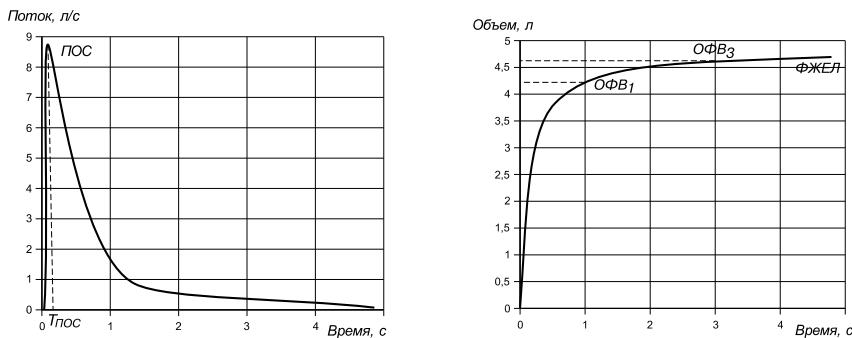


Рис. 2.2. Поток и объём во время форсированного выдоха
По оси абсцисс время, сек; по оси ординат: на графике слева — поток, л/сек; справа — объём, л. Пример исследования практически здорового человека.

Максимальная ЖЕЛ — наибольшее значение ЖЕЛ, измеренное при спокойном глубоком и форсированном дыхании: $ЖЕЛ_{\max} = \max(ЖЕЛ, ФЖЕЛ)$.

Во время выполнения форсированного выдоха, кроме $ФЖЕЛ$, обычно производится измерение ряда (табл. 2.4) показателей. Диапазоны колебаний форсированного выдоха в физиологических условиях у взрослых приведены в таблице с целью дать представление о возможной вариабельности показателей. При анализе результатов пневмотахометрии следует проводить сравнение с *должными величинами* (см. стр. 9).

Пиковая объёмная скорость выдоха (ПОС_{выд}) — максимальная скорость потока во время форсированного выдоха.

Объём форсированного выдоха, при котором была достигнута ПОС ($OФВ_{POS}$), может использоваться для оценки правильности дыхательного манёвра, в остальном значение этого показателя не велико. При адекватном приложении форсирующих усилий ПОС достигается в процессе выдоха первых 20% $ФЖЕЛ$.

Время достижения ПОС (T_{POS}) характеризует степень форсирующих усилий, прилагаемых пациентом. Считается,

Таблица 2.4
Параметры, определяемые пневмотахометрией

	Параметр	Пределы физиологических колебаний
<i>ФЖЕЛ</i>	Форсированная жизненная ёмкость лёгких	0,5–8,0 л
<i>ОФВ₁</i>	Объём ФВ за первую секунду	0,4–7,0 л
<i>ИТ</i>	Индекс Тиффно (<i>ОФВ₁</i> /ФЖЕЛ)	—
<i>ИГ</i>	Индекс Генслара (<i>ОФВ₁</i> /ФЖЕЛ)	—
<i>СОС_{25–75}</i>	Средняя объёмная скорость выдоха на участке от 25% до 75% объёма ФЖЕЛ	0,5–12,0 л/с
<i>СОС_{75–85}</i>	Средняя объёмная скорость выдоха на участке от 75% до 85% объёма ФЖЕЛ	0,2–2,0 л/с
<i>ПОС_{выд}</i>	Пиковая объёмная скорость ФВ	0,5–15,0 л/с
<i>МОС₂₅</i>	Мгновенная объёмная скорость ФВ на уровне 25% ФЖЕЛ	0,5–15,0 л/с
<i>МОС₅₀</i>	Мгновенная объёмная скорость ФВ на уровне 50% ФЖЕЛ	0,2–12,0 л/с
<i>МОС₇₅</i>	Мгновенная объёмная скорость ФВ на уровне 75% ФЖЕЛ	0,1–6,0 л/с
<i>T_{ПОС}</i>	Время достижения <i>ПОС</i> ФВ	0,05–0,20 с

ФВ — форсированный выдох

что у пациентов без обструкции дыхательных путей *T_{ПОС}* не должно превышать 0,1–0,12 с, а при обструктивных состояниях — 0,18 с.

Объём форсированного выдоха за первую секунду (*ОФВ₁*) зависит, в основном, от скорости потока в начале и середине выдоха. Являясь высокочувствительным показателем обструкции дыхательных путей, он может использоваться для оценки динамики состояния (включая вентиляционные пробы), поскольку при правильном выполнении дыхательного манёвра хорошо воспроизводим. В ряде случаев производится измерение *ОФВ₃* — объём форсированного выдоха за первые 3 с, однако

этот показатель практически не имеет самостоятельного диагностического значения.

Кроме измерения OFB_1 , обычно вычисляют его отношение к ЖЕЛ или ФЖЕЛ. Отношение $OFB_1/\text{ЖЕЛ}$ носит название **индекса Тиффно** (R. Tiffeneau), близкое к нему отношение $OFB_1/\text{ФЖЕЛ}$ — **индекса Генслара** (Gaenslar). Последний имеет преимущества, поскольку может быть определен в одном дыхательном маневре форсированного выдоха, без предшествующего измерения ЖЕЛ. В ряде руководств рекомендуется рассчитывать *ИТ* по формуле $ИТ = OFB_1/\text{ЖЕЛ}_{\max}$, которая учитывает возможные отличия между ЖЕЛ и ФЖЕЛ. Снижение индексов Тиффно и Генслара является индикатором обструктивных нарушений. При рестриктивных нарушениях этот показатель не меняется или может даже несколько увеличиваться за счет пропорционального уменьшения всех лёгочных объёмов.

В процессе форсированного выдоха обычно производится определение объёмной скорости на разных уровнях выдоха. Общепринято измерять **мгновенную объёмную скорость** (*MOS*) на уровне 25%, 50% и 75%, иногда и 85% от ФЖЕЛ. Существуют две различные системы обозначений *MOS*. В первом случае числовой индекс обозначает ту часть ФЖЕЛ, которая *уже была выдохнута* к моменту измерения *MOS*. Этот подход принят в нашей стране, а также используется Американским торакальным обществом. Второй подход, рекомендуемый Европейским респираторным обществом, состоит в том, что обозначается та часть ФЖЕЛ, которая *ещё должна быть выдохнута*. Для различия подходов к измерению *MOS* на разных уровнях ФЖЕЛ обычно используются разные аббревиатуры: $MOS_{25} = MEF_{25} = FEF_{75}$. Уточните в документации на используемый спирометр, какая система обозначений в нем используется.

Средняя объёмная скорость выдоха на уровне от 25% до 75% ФЖЕЛ отражает состояние, прежде всего, средних и дистальных отделов дыхательных путей. Этот показатель, также как и MOS_{50} , обладает большей по сравнению с OFB_1 чувстви-

тельностью и специфичностью¹, на начальных стадиях нарушения вентиляционной функции лёгких [22].

Время выполнения форсированного выдоха ($T_{\text{ФЖЕЛ}}$) редко превышает 6 с. Напротив, $T_{\text{ФЖЕЛ}}$ менее 1 с, как правило, свидетельствует о незавершенности выдоха.

На практике график форсированного выдоха чаще всего строится в системе координат «поток–объём» (рис. 2.3), что имеет ряд преимуществ, поскольку позволяет одновременно оценить динамику потока и объёма выдоха. По оси абсцисс (горизонтальной) откладывается объём, а по оси ординат — поток. Удобно, если масштабы осей имеют соотношение, близкое к 1:2 (т.е. 1 л ФЖЕЛ соответствует 2 л/с по шкале потоков). В норме петля «поток–объём» здорового человека напоминает треугольник, основанием которого является ФЖЕЛ , а высотой — $\text{ПОС}_{\text{выд}}$. $T_{\text{ПОС}}$ на этом графике не присутствует, поэтому его обычно указывают рядом.

Основное достоинство графика «поток–объём» для представления дыхательного манёвра состоит в том, что, кроме ПОС и ФЖЕЛ , он наглядно показывает МОС на разных уровнях ФЖЕЛ . СОС на этом графике также имеет очевидное графическое представление.

Для обеспечения методической правильности исследования (предотвращения фальстарта, когда часть выдоха идет в атмосферу) современная методика пневмотахометрии предполагает выполнение нескольких спокойных дыхательных движений через датчик спирометра, и лишь потом — глубокого вдоха и форсированного выдоха (см. рис. 4.4 на стр. 46). Начало выдоха в таком случае определяется по специальному стандартизованному алгоритму обратной экстраполяции. При правильной работе флоуспирометра все вычисления выполняются автоматически с обеспечением необходимой точности получаемых результатов.

¹ Чувствительность (*Sensitivity, Se*) — вероятность положительного результата теста в популяции больных. Специфичность (*Specificity, Sp*) — вероятность отрицательного результата теста у здоровых. Оба показателя принято измерять в процентах [18].

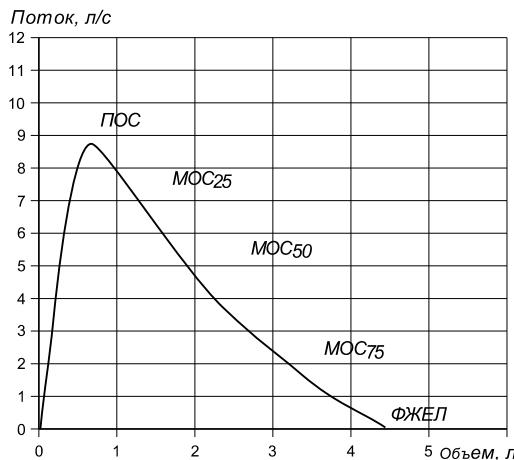


Рис. 2.3. График «поток–объём» форсированного выдоха
Объяснения в тексте.

В некоторых случаях, прежде всего при подозрении на обструкцию внеторакальных дыхательных путей, кроме исследования форсированного выдоха, производится оценка форсированного вдоха. Такое исследование может быть осуществлено лишь специально предназначенными для этого флоуспирометрами. Кроме этого, само по себе исследование для большинства пациентов обременительно и требует весьма точного соблюдения методики. По этим причинам исследование форсированного вдоха выполняется реже, обычно в специализированных ЛПУ, и не рассматривается в данном пособии.

3. Показания к исследованию вентиляционной функции лёгких

Исследование вентиляционной функции лёгких широко используется в клинической практике. Основные показания к назначению исследования перечислены ниже.

- Заболевания трахеи, бронхов, лёгких, органов средостения.
- Заболевания сердечно-сосудистой системы с признаками недостаточности кровообращения.
- Перед назначением β -адреноблокаторов и при подборе их дозы.
- Нервно-мышечные заболевания.
- Аномалии развития и травмы грудной клетки.
- Контроль эффективности лечения.
- Оценка предоперационного риска, выбор параметров ИВЛ во время ингаляционного наркоза и других видов анестезиологического и реанимационного пособия.
- Экспертиза трудоспособности и состояния здоровья, в т.ч. в спортивной, профессиональной и военной медицине.
- Эпидемиологические и популяционные исследования.

Показания и противопоказания к проведению бронходилатационных и бронхоконстрикторных проб обсуждаются в разд. 4.6.

В результате исследования вентиляционной функции лёгких должно быть сформировано заключение о наличии, степени выраженности и динамике (при наличии информации о ранее проведённых измерениях) обструктивного и рестриктивного компонентов нарушений ФВД (см. гл. 1 и 5).

Результаты оценки ФВД должны анализироваться совместно с данными анамнеза, жалоб и объективного исследования больного, лабораторно-инструментальной диагностики. В случае расхождения спирометрических и других клинических данных показано углубленное исследование больного с обязательным исследованием газообмена и эластических свойств лёгких.

Следует подчеркнуть, что степень *дыхательной недостаточности* должна устанавливаться не только исходя из результатов исследования вентиляционной функции, а по совокупности клинических и лабораторно-инструментальных показателей, обязательно с учетом газового состава крови.

3.1 Противопоказания к исследованию вентиляционной функции лёгких

- Тяжелое общесоматическое состояние пациента.
- Перенесенный менее 3 мес назад инфаркт миокарда, инсульт.
- Кровохарканье или обильное отхождение мокроты.
- Неадекватность поведения больного.
- Отказ от сотрудничества с медицинским персоналом.
- Эпилепсия или подозрение на неё (возможно исследование ФВД при исключении проб МВЛ).

4. Методика исследования лёгочной вентиляции

Исследование вентиляции лёгких может проводиться различными методами, однако всегда необходимо строго выполнять как общие, так и частные требования методики исследований.

Качественное исследование ФВД требует определенных усилий от пациента и тщательного соблюдения методики медперсоналом. Это позволяет добиться высокой воспроизводимости и повторяемости результатов измерений, является определяющим фактором точной оценки нарушений вентиляционной функции лёгких, её динамики в процессе лечения.

При однократном измерении вероятно получение результата, который может по разным причинам достаточно сильно отличаться от истинного значения. Для исключения ошибочных заключений измерение каждого параметра следует проводить не менее трех раз, оценка результата теста может осуществляться либо путем усреднения повторных измерений, либо выбора «наилучшего» показателя. Степень разброса измеренных показателей в исследовании ФВД принято характеризовать воспроизводимостью и повторяемостью [6, 10, 12].

Воспроизводимость — разброс значений показателей при повторных измерениях, выполненных в течение *короткого* промежутка времени, сравнимого с продолжительностью исследования. Воспроизводимость чаще всего оценивается в процентах от максимального результата в серии проб.

Повторяемость — разброс значений показателей при повторных измерениях, выполненных через *длительные* промежутки времени, как правило, не менее суток.

4.1 Подготовка пациента к исследованию вентиляции лёгких

Пациент должен быть подготовлен к исследованию ФВД и проинформирован о его целях. Это создает условия для сотрудничества пациента и персонала в процессе исследования и получения достоверных результатов.

Подготовка пациента должна начинаться с момента назначения исследования лечащим врачом или консультантом. В связи с этим врачи должны быть в достаточной мере информированы о методах исследования ФВД и подготовке больных к исследованию. Для повышения эффективности инструктажа могут использоваться различные памятки, выдаваемые пациентам на руки (прил. Б на стр. 78) или устное обсуждение методики исследования.

Перед проведением любых исследований ФВД пациент должен:

- не курить и не употреблять алкоголь, желательно в течение не менее 24 ч до исследования;
- не делать энергичных физических усилий, включая занятия лечебной физкультурой и подъём по лестнице, в течение, как минимум, 2 ч до теста;
- прийти на исследование в легкой, не стесняющей экскурсию грудной клетки одежде; отказаться от обильной еды за 2 ч до выполнения проб;
- исключить применение ингаляционных бронходилататоров короткого действия, в случае их применения — сообщить медицинскому персоналу об использованных препаратах, дозе, и времени их использования.

Если пациент принимает препараты, способные влиять на проходимость дыхательных путей (см. табл. 4.2 на стр. 52), то их также необходимо заблаговременно отменить. При невозможности отмены препарата исследование проводится на фоне его приёма, однако при оценке результатов исследования ФВД необходимо учесть влияние препарата и отразить это в заключении.

4.2 Общие правила проведения спирометрии и пневмотахографии

Основные методические рекомендации при исследовании ФВД перечислены ниже. Кроме этого, необходимо строго соблюдать рекомендации, изложенные в руководстве по эксплуатации применяемого спирометрического оборудования.

Перед началом работы необходимо подготовить прибор к проведению исследований, измерить температуру, атмосферное давление и ввести эти данные в прибор. Если в процессе работы температура или давление существенно изменились, то актуальные значения надо ввести повторно, между исследованиями разных пациентов.

Исследование ФВД обычно проводится в положении больного сидя. Желательно, чтобы стул или кресло имели подлокотники, предотвращающие падение пациента при развитии выраженного гипервентиляционного синдрома. Во время выполнения дыхательных манёвров пациент должен сидеть прямо, не касаясь спинки кресла. Наклон туловища вперёд может вести к компрессии трахеи. Молодым пациентам возможно проведение проб в положении стоя. Тесты, способные вызвать гипервентиляционный синдром (ФЖЕЛ, МВЛ), необходимо проводить только в положении сидя.

Исследование лёгочной вентиляции необходимо проводить в спокойной, комфортной обстановке. Пациент должен отдохнуть в течение не менее 10 мин до проведения измерений, для этого перед кабинетом необходимо иметь достаточно кресел или стульев.

Необходимо всегда использовать носовой зажим. Зажим должен быть индивидуальным или накладываться через индивидуальную салфетку.

Перед началом исследования необходимо зафиксировать:

- регистрационные данные пациента, его возраст, пол, рост;
- температуру, атмосферное давление, при необходимости — влажность воздуха;

- сведения о всех принимаемых пациентом медикаментах, до- зу, время последнего приёма.

При нарушении больным методики подготовки к исследованию, отмеченные нарушения необходимо зафиксировать в протоколе. В некоторых случаях целесообразно перенести обследование на другой день, указав пациенту на необходимость правильной подготовки.

Перед началом исследования персонал должен детально проинструктировать пациента о технике выполнения дыхательных манёвров.

Для точного соблюдения правил можно провести предварительную тренировку пациента. Для тренировки с целью создания условий, максимально приближенных к пробе, используется мундштук, не присоединенный к дыхательному контуру спирометра. Тренировки особенно целесообразны пациентам, которым исследование ФВД проводится впервые. Бывает полезно прокомментировать пациенту пневмограмму или кривую «поток–объём», однако желательно, чтобы пациент в процессе исследования не видел экрана спирометра в целях предотвращения манипулирования результатами исследования.

Перед пробами пациенту необходимо расстегнуть плотно прилегающую к грудной клетке и шее одежду. Съемные зубные протезы, при их использовании пациентом, снимать не рекомендуется, кроме случаев возможного смещения вследствие неплотного прилегания.

Необходимо использовать одноразовые картонные или стерильизуемые пластиковые мундштуки индивидуального применения. Пациент должен плотно охватить мундштук губами так, чтобы зубы и язык не препятствовали свободному движению воздуха (рис. 4.1). Неправильное положение мундштука вызывает прохождение воздуха не через измерительный тракт спирометра.

Между отдельными пробами необходимо делать достаточные перерывы, как правило, не менее 1–2 мин. Для минимизации взаимного влияния проб, исследования рекомендуется проводить в

следующей последовательности: ЖЕЛ, ФЖЕЛ, по показаниям МВЛ.

Необходимо обеспечить герметичность подсоединения мундштука (загубника) к приёмнику воздушного потока спирометра. У спирометров с открытым контуром ничего (посторонние предметы, мебель, руки пациента и т.п.) не должно препятствовать прохождению воздуха через датчик в процессе пробы.

Во время исследования команды пациенту должны даваться спокойно, четко, с доброжелательной интонацией. Это создает благоприятную психологическую атмосферу и условия для методически правильного проведения проб. При правильном выполнении дыхательных манёвров необходимо словесно поощрять пациента, при неправильном — четко объяснять причины ошибок и способы их устранения.

В случае возникновения кашля тест необходимо прекратить и повторить пробу после небольшого перерыва.

При возникновении осложнений (гипервентиляционный синдром, кровохарканье, возникновение болей в грудной клетке и т.п.) исследование необходимо немедленно остановить. Продол-

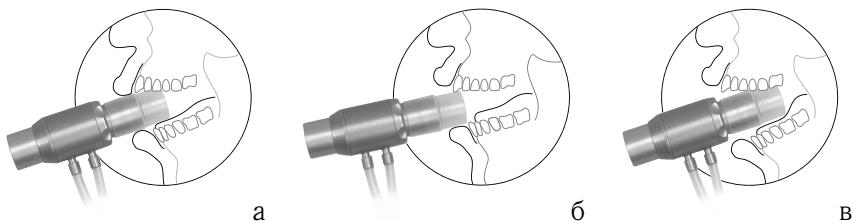


Рис. 4.1. Правильное и неправильное положение мундштука во рту во время выполнения дыхательных маневров

а — правильное положение мундштука;

б — мундштук недостаточно глубоко введен в ротовую полость, зубы и язык частично перекрывают его просвет;

в — мундштук введен слишком глубоко, надавливает на корень языка.

жение пробы возможно только после купирования осложнения и осмотра пациента врачом.

При проведении ряда исследований на протяжении нескольких дней с целью сопоставления их результатов, необходимо обеспечить одинаковые условия выполнения проб: проводить их в одно и то же время суток на одном и том же оборудовании, желательно с участием одних и тех же медсестер.

После окончания исследований следует провести санитарную обработку спирометрического оборудования согласно руководству по эксплуатации прибора и требований органов санитарно-эпидемиологического надзора. Для обеспечения должного эпидрежима целесообразно применять одноразовые мундштуки.

Для обеспечения точности измерений необходимо следить за чистотой приёмника воздушного потока и мундштука спирометра, поскольку отложение на его элементах мокроты, слюны, пыли не только нарушает санэпидрежим, но и существенно влияет на точность результатов.

Кабинет для проведения исследования ФВД должен быть оснащен:

- креслом (стулом) и медицинской кушеткой для пациента;
- удобной мебелью для размещения приборов и работы медицинского персонала;
- термометром, барометром (дополнительно, если того требует инструкция к используемому спирометрическому оборудованию, — психрометром или гигрометром);
- тонометром и фонендоскопом;
- небулайзером;
- средствами для проведения бронхолитических проб и оказания экстренной медицинской помощи (см. табл. 4.1);
- средствами санитарной обработки мундштуков, носовых зажимов, спирометрического оборудования.

Следует подчеркнуть, что все лекарственные и дезинфицирующие средства должны быть с неистекшими сроками годности и регулярно заменяться новыми по мере их использования.

Таблица 4.1
Средства для проведения бронхолитических проб и оказания экстренной помощи

Препарат	Доза
Атровент (дозированный аэрозоль 20мкг/доза)	15,0 мл
Беродуал Н (дозированный аэрозоль)	10,0 мл
Беротек Н (дозированный аэрозоль 100мкг/доза)	10,0 мл
Сальбутамол (дозированный аэрозоль 100мкг/доза)	10,0 мл
Изокет, аэрозоль	15,0 мл
Валокордин	20,0 мл
Раствор аммиака 10%,	40,0 мл

Кабинет, где проводятся пробы с использованием ингаляционного введения препаратов, должен иметь принудительную вытяжную вентиляцию (лучше оборудовать приточно-вытяжную вентиляцию с преобладанием вытяжки). Желательно (а при проведении бронхоконстрикторных проб — *обязательно*) в кабинете спирометрии иметь подводку кислорода для проведения экстренной оксигенотерапии при возникновении выраженного бронхоспазма.

Бронхопровокационные пробы должны проводиться обязательно с участием врача. Персонал, проводящий провокационные пробы, должен обладать навыками своевременного выявления и купирования возможных осложнений.

4.3 Методика измерения ЖЕЛ

Определение ЖЕЛ возможно по нескольким методикам [5, 14], различающимся по последовательности выполнения глубокого вдоха и выдоха (рис. 4.2).

При измерении **ЖЕЛ вдоха** ($\text{ЖЕЛ}_{\text{вд}}$) сначала выполняется максимальный выдох, затем — полный вдох и переход к спокойному дыханию. Эта методика была единственной при использовании простейших приборов с закрытым контуром.

Другой вариант — измерение **ЖЕЛ выдоха** ($ЖЕЛ_{Выд}$), когда сначала выполняется глубокий вдох, затем выдох. Такой манёвр частью пациентов выполняется с меньшими сложностями, чем при измерении $ЖЕЛ_{Вд}$. В целом, $ЖЕЛ_{Выд}$ и $ЖЕЛ_{Вд}$ мало отличаются между собой.

Исследование $ЖЕЛ$ в два этапа, когда $РО_{Вд}$ и $РО_{Выд}$ определяются раздельно, может быть рекомендовано лишь тяжелым и ослабленным больным.

Перед проведением исследований следует уточнить в документации на используемый спирометр, на применение какой из методик он рассчитан. Дыхательный манёвр пациента должен соответствовать выбранной в спирометре методике измерения $ЖЕЛ$. При различии неизбежны ошибки при расчёте объёмов.

Как правило, достаточно провести 3–4 теста по одной из методик с перерывами 1–2 мин. При неудовлетворительной воспроизводимости результатов (разброс $ЖЕЛ$ превышает 15%), проводится до 5–6 проб.

За результат исследования принимается проба с максимальным значением $ЖЕЛ$. Если в двух пробах зафиксированы приблизительно одинаковые значения $ЖЕЛ$, то предпочтение следует отдать пробе, в которой больше $РО_{Выд}$.

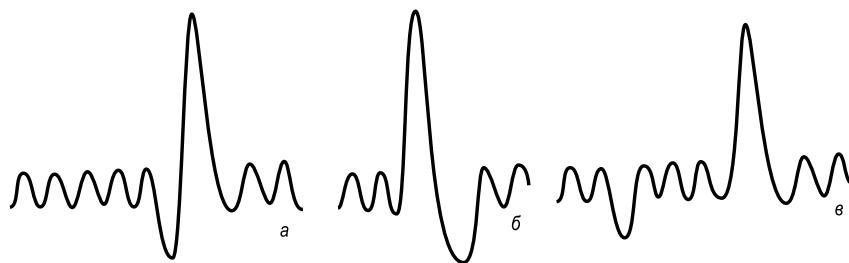


Рис. 4.2. Методики определения ЖЕЛ

а — $ЖЕЛ$ вдоха, б — $ЖЕЛ$ выдоха, в — с раздельным определением $РО_{Выд}$ и $РО_{Вд}$.

Наиболее типичными ошибками (рис. 4.3) при измерении ЖЕЛ являются попытка выполнить манёвр с приложением форсирующих усилий и задержка пациентом дыхания. В первом случае вероятно занижение ЖЕЛ, поскольку дыхательный манёвр будет напоминать таковой при исследовании форсированного выдоха. При задержке дыхания тоже возможно снижение ЖЕЛ, кроме этого, возрастает вероятность негерметичности измерительного контура.

Достаточно частой проблемой при исследовании ЖЕЛ является кашель. Если приступ возник уже после выполнения дыхательного манёвра ЖЕЛ, то проба может рассматриваться как выполненная правильно. Если кашель возник во время определения ДО или ЖЕЛ, то пробу надо повторить, поскольку неизбежны ошибки в определении дыхательных объёмов.

Для своевременного выявления ошибок выполнения дыхательного манёвра персонал должен наблюдать за построением спирограммы и немедленно корректировать действия пациента. Характерные примеры ошибочного выполнения дыхательного манёвра приведены на рис. 4.3.

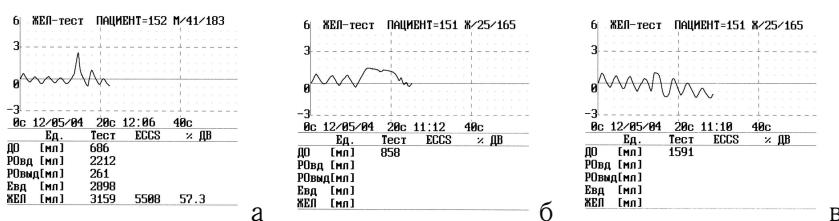


Рис. 4.3. Ошибки выполнения спирометрии

а — приложение форсирующих усилий при вдохе и выдохе, б — задержка дыхания на вдохе, в — попытка максимальной вентиляции с отсутствием явного глубокого вдоха–выдоха.

Методика спирометрии на приборе «Спиро С-100»

Спирометр «Спиро С-100» позволяет измерить *ЖЕЛ_{Выд}*, поэтому после нескольких спокойных дыхательных циклов сначала производится максимальный вдох, затем — максимальный выдох. Последовательность действий при исследовании *ЖЕЛ* следующая.

1. Введите данные пациента, выберите пациента из списка проведенных проб или убедитесь, что данные введены правильно. Выполните эти операции в соответствии с инструкцией по эксплуатации спирометра.
2. Нажмите кнопку *ЖЕЛ*, на экране будет выведена координатная сетка для построения спирограммы.
3. Проинструктируйте пациента. Нажмите кнопку *Старт*. Предложите пациенту начинать дыхательный манёвр со спокойного произвольного дыхания.
4. Построение спирограммы начнется, как только прибор про-дектектирует движение воздуха в приёмнике воздушного по-тока. После выполнения 3–5 циклов вдох–выдох в таблице будет выведен измеренный *ДО*. После этого можно выпол-нить глубокий вдох и полный выдох, затем пациент может дышать произвольно.
5. Нажмите на кнопку *Стоп*.
6. Если в таблице заполнены все строки, то запомните резуль-таты проведенной пробы, нажав кнопку *Ввод*. Если какие-то параметры не определены, это свидетельствует о непра-вильном выполнении дыхательного манёвра (чаще всего — о неполном выдохе и невозможности определить *РО_{Выд}*). Результаты такой пробы сохранить в памяти спирометра нель-зя, однако можно распечатать.
7. Для распечатки результатов пробы, которая выведена на экран, нажмите кнопку *Печать*, для перехода между та-блицей сохраненных проб и графиком выбранной пробы — *Ввод*.
8. Повторите измерение *ЖЕЛ* 2–4 раза с интервалами между пробами 1–2 мин, вернувшись к пункту 3.

По завершению исследования распечатайте пробу с максимальным значением ЖЕЛ . Если две пробы имеют приблизительно одинаковые значения ЖЕЛ , то распечатайте пробу с большим $\text{РО}_{\text{Выд}}$. Кроме ЖЕЛ в таблице будут представлены ДО , $\text{РО}_{\text{Выд}}$, $\text{РО}_{\text{Вд}}$, $\text{Е}_{\text{Вд}}$. Измеренная ЖЕЛ будет сопоставлена с должной величиной, если последняя может быть рассчитана.

4.4 Методика проведения пневмотахометрии

Перед пневмотахометрией необходимо определить ЖЕЛ . Затем приступают к проведению собственно пневмотахометрии. В зависимости от конструктивных особенностей спирометра методика может незначительно варьировать. Современные спирометры позволяют контролировать выполнение дыхательного манёвра, обеспечивая построение на экране петли «поток–объём» непосредственно во время выполнения исследования.

После нескольких дыхательных циклов обычной глубины пациент должен выполнить максимальный вдох, и, не задерживая дыхания, форсированный выдох. Спокойное дыхание отображается в виде нескольких петель в центре графика, вдох — достаточно плавной кривой, направленной выпуклостью вниз. Форсированный максимальный выдох при отсутствии обструкции дыхательных путей напоминает треугольник (рис. 4.4). После завершения выдоха вдох необходимо производить через приёмник воздушного потока спирометра, это позволяет более точно определить окончание выдоха и начало следующего вдоха. На графике «поток–объём» это отражается отрезком кривой, направленной вниз и влево.

Для получения воспроизводимых результатов проводят 3–4 пробы с интервалом между ними не менее 30 с. Некоторые попытки могут оказаться неудачными вследствие нарушений выполнения дыхательного манёвра, развития кашля и других причин (рис. 4.5). В таких случаях исследование повторяют до получения качественного результата, но не более восьми попыток.

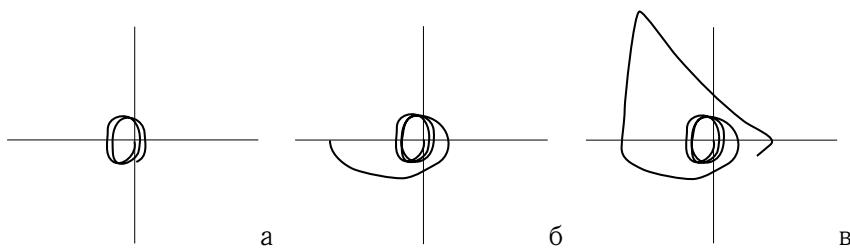


Рис. 4.4. Последовательность определения ФЖЕЛ

а — спокойное дыхание, б — глубокий вдох, в — форсированный выдох с началом последующего вдоха.

При проведении исследования необходимо обращать внимание на герметичность дыхательного контура. Нарушение герметичности отражается закономерным смещением петель спокойного дыхания влево или вправо. В этих случаях необходимо выявить и устранить причину негерметичности контура (см. разд. 4.2) и лишь после этого продолжить проведение пневмотахометрии.

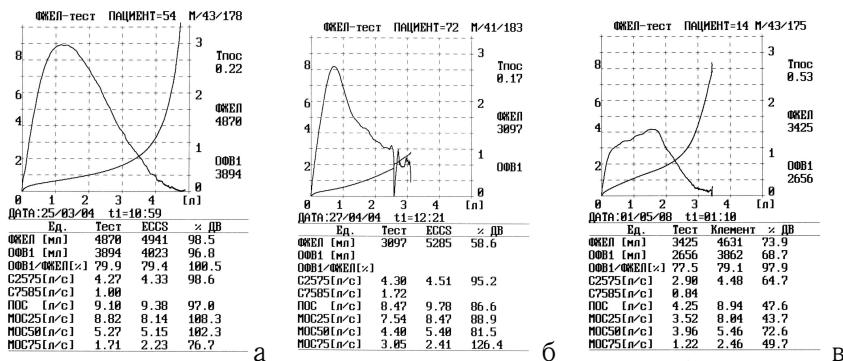


Рис. 4.5. Ошибки выполнения пневмотахометрии

а — недостаточно форсированный выдох, б — кашель, $ОФВ_1$ не определён, в — нарушено соотношение скоростей форсированного выдоха.

Качество выполнения манёвра можно оценить, прежде всего, по продолжительности форсированного выдоха, которая должна быть не меньше 4 с. Пациентам с обструкцией дыхательных путей может потребоваться и 10–12 с для завершения форсированного выдоха. Короткий выдох, короче 1 с, не позволяет правильно оценить OFB_1 и связанные с ним индексы. Некоторые спирометры не оценивают продолжительности выдоха, и выводят значение OFB_1 , которое не соответствует физиологической интерпретации этой величины. Другие модели, напротив, не выводят значения OFB_1 , если выдох продолжался менее 1 с.

Наиболее точным индикатором приложения форссирующих усилий является T_{POS} , которое должно быть не более 0,10–0,12 с у здоровых лиц и до 0,18 с у пациентов с обструктивными нарушениями. Косвенным признаком качества выполнения форсированного выдоха может быть его звук. При правильном выдохе слышится отчетливый, короткий звук «Х!», а не «Фу...», и щеки не раздуваются.

Также признаком правильного выполнения форсированного выдоха является выполнение соотношения *абсолютных значений* объемных скоростей выдоха $POS \geq MOC_{25} > MOC_{50} > MOC_{75}$. Нарушение этого соотношения свидетельствует о позднем приложении форссирующих усилий [6, 10, 17].

Форсированное дыхание может спровоцировать бронхоспазм или усилить уже имеющийся. *Признаком нарастания бронхоспазма является закономерное снижение OFB_1 в нескольких последовательных пробах.* В таком случае следует увеличить продолжительность отдыха между пробами до 3–5 мин или прервать исследование. Медсестра должна следить за динамикой OFB_1 и своевременно корректировать продолжительность отдыха между попытками. При необходимости исследование можно отложить на 30–40 мин и после отдыха предпринять еще одну серию измерений, увеличив интервал между пробами.

Методика выполнения пневмотахометрии на приборе «Спиро С-100»

Последовательность действий при проведении исследования ФЖЕЛ на спирометре «Спиро С-100» следующая.

1. После завершения исследования ЖЕЛ нажмите кнопку **ФЖЕЛ**, на экране будет выведена координатная сетка для построения петли «поток–объём».
2. Проинструктируйте пациента. Нажмите кнопку **Старт**. Предложите пациенту начинать дыхательный манёвр со спокойного произвольного дыхания.
3. После 2–5 циклов спокойного дыхания (рис. 4.4, а) в нижней части экрана появится приглашение выполнить глубокий вдох и форсированный выдох. Подайте соответствующие команды пациенту.
4. После полного выдоха прибор автоматически завершит исследование. Если это по каким-то причинам не произошло, а пациент полностью выдохнул, нажмите кнопку **Стоп**.
5. Если дыхательный манёвр выполнен правильно, запомните результаты проведенной пробы, нажав кнопку **Ввод**.
6. Для распечатки результатов пробы, которая выведена на экран, нажмите кнопку **Печать**, для перехода между таблицей сохраненных проб и графиком — **Ввод**.
7. Повторите исследование ФЖЕЛ несколько раз, вернувшись к пункту 2.

По завершению исследования распечатайте пробу с максимальным значением **ФЖЕЛ**. Если два теста имеют близкие результаты **ФЖЕЛ**, то следует выбрать исследование с большим значением **ОФВ₁**. Еще одним приёмом быстрого поиска наилучшего результата пневмотахометрии является выбор пробы с максимальной суммой **ФЖЕЛ + ОФВ₁**.

4.5 Методика исследования МВЛ

Исследование максимальной вентиляции осуществляется с использованием специального режима работы спирометра. Па-

циент должен совершать максимально глубокие и частые дыхательные движения.

Продолжительность максимальной вентиляции не должна превышать 12–20 с. Тем не менее остается высокая вероятность развития *гипервентиляционного синдрома*, признаками которого являются слабость, головокружение, «потемнение» в глазах. Это полностью исключает исследование МВЛ больным с церебро-васкулярной недостаточностью, эпилепсией, пожилым и ослабленным пациентам. По этой же причине не следует проводить исследование МВЛ больным в вертикальном положении. В связи с этим МВЛ исследуется чаще всего при профессиональном отборе и в спортивной медицине.

Для определения МВЛ на спирометре «Спиро С-100» последовательность действий следующая.

1. Нажмите кнопку **МВЛ**, на экране будет выведена координатная сетка для построения спирограммы.
2. Проинструктируйте пациента. Нажмите кнопку **Старт**. Предложите пациенту дышать максимально глубоко и часто. Как только прибор продетектирует движение воздуха в приёмнике воздушного потока, начнется построение спирограммы. Незначительный дрейф кривой вверх или вниз не является признаком неисправности прибора или негерметичности охвата мундштука губами.
3. Через 15 с исследование автоматически завершится и на экран будут выведены значения *МВЛ*, *ДО_{МВЛ}* и *ЧД_{МВЛ}*, после этого нажмите на кнопку **Стоп**. Предложите пациенту дышать произвольно.
4. Если дыхательный манёвр выполнен правильно, запомните результаты проведенной пробы, нажав кнопку **Ввод**.
5. Для распечатки результатов пробы, которая выведена на экран, нажмите кнопку **Печать**, для перехода между таблицей сохраненных проб и графиком — **Ввод**.
6. При необходимости, после отдыха 2–3 мин, повторите исследование МВЛ (всего не более 3 раз), вернувшись к пункту 2.

Для распечатки результатов исследования выберите пробу с максимальным значением MVL . В таблице будут также распечатаны значения DO_{MVL} и CD_{MVL} .

При исследовании MVL необходимо соблюдать предельную осторожность, поскольку возникающая при форсированном дыхании альвеолярная гипервентиляция может провоцировать бронхоспазм, коллапс, ортостатические и другие нежелательные реакции. Признаком возможного развития бронхоспазма является уменьшение амплитуды дыхательных движений и снижение частоты дыхания, наблюдаемое на спирограмме. В этом случае исследование лучше прервать, особенно у пациентов с высокой вероятностью развития бронхоспазма.

4.6 Функциональные вентиляционные пробы

В функциональной диагностике лёгочной вентиляции широкое применение находят два вида проб [2, 10, 14]: *бронходилатационные и бронхоконстрикторные* (или бронхопровокационные).

Бронходилатационные пробы служат для выявления синдрома обратимой бронхиальной обструкции, характерной для бронхиальной астмы, и индивидуального подбора бронхолитических средств. Бронхопровокационные пробы позволяют выявить и оценить выраженность синдрома гиперреактивности бронхов. Он патогномоничен для бронхиальной астмы и не типичен для хронического обструктивного бронхита. Таким образом, пробы позволяют провести дифференциальный диагноз бронхиальной астмы и синдромо-сходных заболеваний лёгких [3, 4, 8, 13, 15, 19].

Важным условием успешного проведения функциональных проб является высокая воспроизводимость (см. стр. 35) результатов теста. При низкой воспроизводимости показателей оценка результатов проб представляет значительные сложности, а в ряде случаев вообще невозможна.

При проведении бронхолитических и бронхопровокационных проб обычно используют пневмотахометрию. В связи с высокой

информативностью и надежностью наибольшее внимание уделяется $ОФВ_1$, другие показатели носят второстепенный характер. Однако в качестве дополнения, в зависимости от целей исследования, может проводиться также анализ статических легочных объемов и МВЛ.

Для получения истинного результата проб лёгочной вентиляции и исключения искажения данных, необходима предварительная отмена препаратов, влияющих на бронхиальную проходимость. Продолжительность периода отмены приведена в табл. 4.2.

Бронходилатационные пробы, как правило, проводят, используя ингаляционный путь введения препарата, но в зависимости от целей исследования могут использоваться другие пути введения — пероральный или парентеральный. Для приготовления аэрозоля лекарственного средства могут использоватьсь компрессорные, воздушные или ультразвуковые ингаляторы (небулайзеры). Наиболее удобны в применении дозированные аэрозоли, поскольку обеспечивают точное дозирование и при правильном применении минимизируют системное действие препарата.

Показания к назначению бронходилатационных проб:

- пароксизмальный характер одышки;
- вентиляционные нарушения обструктивного типа (диагностика обратимости бронхиальной обструкции) — с целью дифференциального диагноза бронхиальной астмы и других ХОБЛ (известно, что при бронхиальной астме обструкция носит преимущественно обратимый характер, а при хронических бронхитах и др. ХОБЛ — мало- или необратимый);
- подбор бронхолитической терапии и оптимального метода введения препарата;
- нормальные показатели ФВД при сомнительной клинической картине (для диагностики «скрытого» бронхоспазма);
- прогнозирование результата лечения.

Таблица 4.2

Срок отмены некоторых препаратов перед функциональными пробами лёгочной вентиляции

Препарат	Период отмены, часов, не менее
β_2 -агонисты короткого действия	6
β_2 -агонисты длительного действия	12
пролонгированные теофиллины	24
гормональные препараты	24
β -блокаторы короткого действия	12
β -блокаторы длительного действия	24

Таблица 4.3

Дозы и срок оценки эффекта основных бронхолитических средств у взрослых

Препарат	Доза	Время оценки, мин
<i>Дозированные аэрозоли</i>		
Беротек	200–800 мкг	15–20
Сальбутамол	200–800 мкг	15–20
Атровент	20–40 мкг	35–40
Беродуал	2 дозы	35–40
<i>Растворы для ингаляций через небулайзер</i>		
Беротек	0,5–1,5 мг	15–20
Сальбутамол	2,5–5,0 мг	15–20
Атровент	500 мкг	35–40
Беродуал	2 мл	35–40

Специальных противопоказаний для проведения бронходилатационных проб нет, поскольку они полностью совпадают с противопоказаниями при исследовании ФВД (см. разд. 3.1 на стр. 34).

В качестве бронхолитиков при проведении проб могут использоваться препараты различных фармакологических групп:

- холиноблокаторы (атровент, атропин);
- симпатомиметики (сальбутамол, беротек, тербуталин);
- производные ксантина (теофиллин, эуфиллин);

- комплексные препараты, сочетающие холиноблокирующий и адреномиметический эффекты (беродуал).

При наличии показаний к проведению бронхолитического теста перед врачом стоит задача выбора бронхолитика, дозы и метода введения. Из многочисленного арсенала бронхолитических средств наиболее стандартизованными и удобными в применении являются дозированные аэрозоли разных фармакологических групп. Обычно, если нет каких-либо особых указаний, первым из перечисленных групп используются β_2 -агонисты: беротек или сальбутамол, начиная с минимальной дозы - 200 мкг на исследование. Таким образом, обычно начальная доза соответствует «обычной терапевтической», затем она может увеличиваться в 2-4 раза.

Оценка результата пробы осуществляется по приросту OFB_1 в процентах к исходному и абсолютном выражении. Проба считается *положительной* при увеличении OFB_1 на 12% и более при обязательном одновременном абсолютном приросте этого показателя не менее чем на 200 мл [23]. Отсутствие достаточного прироста OFB_1 дает основание говорить об *отрицательном* результате пробы. При отрицательном результате пробы, если это противоречит клиническим данным (одышка пароксизмального характера), необходимо провести повторную бронхолитическую пробу. При повторной бронхолитической пробе снова возникает вопрос о выборе бронхолитика, его дозе и методе применения, который может решаться по-разному.

Если при первом исследовании использованный бронхолитик не вызвал у пациента кардиотоксического действия, выразившегося в увеличении ЧСС или подъёме АД, и каких-либо иных негативных явлений, то при повторном бронходилатационном teste целесообразно использовать тот же препарат, увеличив его дозу или изменив метод введения. В случае возникновения нежелательных реакций на использованный бронходилататор при повторной пробе, бронхолитик заменяют на другой препарат той же или другой фармакологической группы, подбирая дозу и способ введения.

Существенно, что отрицательная бронхолитическая проба не исключает полностью лабильный (обратимый) характер обструкции, что нередко подтверждается последующими бронхолитическими пробами. Дополнительная информация по бронхолитическому тестированию представлена в разд. 5.2.

Показания к проведению *бронхоконстрикторных проб*:

- оценка гиперреактивности бронхо-лёгочной системы в целях дифференциальной диагностики бронхиальной астмы и других ХОБЛ;
- контроль эффективности лечения заболеваний с обратимым бронхообструктивным синдромом;
- эпидемиологические исследования, раннее выявление бронхиальной астмы;
- профессиональный отбор при приёме на работу с неблагоприятными условиями воздушной среды или климатом.

Противопоказания к назначению бронхопровокационных проб:

- выраженная обструкция дыхательных путей (OFB_1 менее 70% от должной величины);
- перенесенный менее 3 мес назад инфаркт миокарда, инсульт;
- обострение бронхиальной астмы или другого бронхо-лёгочного заболевания;
- острые заболевания или обострения хронических заболеваний;
- беременность;
- психические заболевания в стадии обострения;
- выраженные бронхоспастические реакции при ингаляции лекарственных препаратов;
- приступообразный кашель непосредственно перед намеченной пробой;
- низкая воспроизводимость результатов исследований.

Перед проведением бронхоконстрикторных проб заблаговременно отменяются препараты, влияющие на тонус бронхов (табл. 4.2). Фибробронхоскопия может выполняться не позднее 7 дней до проведения бронхопровокационного теста.

Для провокации бронхоспазма могут использоваться:

- фармакологические препараты (метахолин, гистамин);
- физические раздражители (гипо- или гипертонические аэрозоли, холодный или сухой воздух);
- аллергены;
- профессиональные сенсибилизаторы;
- физическая нагрузка.

Выбор провоцирующего(их) фактора(ов) осуществляется в зависимости от целей исследования и свойств бронхоконстрикторных агентов.

Из ингаляционных бронхоконстрикторных агентов предпочтение отдается метахолину в связи с его большей химической стабильностью. Гистамин аналогичен метахолину, но может провоцировать гипотонию, тахикардию и головную боль. Оба препарата обеспечивают сравнимые результаты.

Поскольку использование аллергенов и профессиональных сенсибилизаторов для бронхоконстрикции требует соблюдения специальных мер и точного дозирования (титрования доз) агентов, эти виды проб проводятся в специализированных учреждениях и в пособии не рассматриваются.

Стандартные растворы гистамина готовят из порошка гистамина дифосфата и буферного фосфатного солевого раствора. При приготовлении растворов метахолина используют 0,9% раствор хлорида натрия. Для получения аэрозолей используют компрессорный или ультразвуковой ингалятор.

Для оценки эффекта плацебо первым ингаляируемым аэрозолем должен быть растворитель, который использовался при приготовлении раствора метахолина или гистамина. Если значение OFB_1 после ингаляции растворителя не изменилось или снизилось не более, чем на 10% от исходного уровня (что принимается за исходные данные), то исследование продолжается. Тест считается положительным после снижения OFB_1 на 20% от исходного уровня. Это является «предельной концентрацией» метахолина (гистамина), вызывающей 20-процентное падение OFB_1 (PK_{20}) [2, 14].

Для проведения бронхопровокационного теста с физической нагрузкой используется спирометрия со ступенчато-возрастающей физической нагрузкой 20–25 Вт/мин до достижения субмаксимальной ЧСС, которая рассчитывается по формуле $ЧСС_{субмакс} = 0,75 \cdot (220 - \text{возраст [лет]})^1$ или определяется по специальным номограммам. Падение $ОФВ_1$ на 15% и более на любом этапе выполнения теста с физической нагрузкой или после его окончания свидетельствует о наличии у больного синдрома гиперреактивности бронхов.

При выполнении бронхопровокационных проб особое внимание должно уделяться дозировке медикаментов, точному заданию температуры холодного воздуха или дозированию физической нагрузки.

В целом, технология проведения бронхоконстрикторных проб аналогична бронхолитическим тестам. В начале проводится исходное исследование вентиляционных показателей, затем, после воздействия бронхоконстрикторного агента, проводится контрольное исследование ФВД, результаты которого сопоставляются с исходными или должны величинами (детально интерпретация функциональных проб обсуждается в разд. 5.2). По разнице и характеру изменений показателей оценивается реакция бронхов на то или иное воздействие.

Подводя итог сказанному, следует подчеркнуть, что наиболее стандартизованными и менее сложными в техническом отношении являются бронхолитические пробы с применением дозированных аэрозолей, бронхоконстрикторные пробы – с использованием метахолина или гистамина. В пособии изложены лишь общие принципы бронхопровокационных проб. Дополнительную информацию по методике их проведения можно получить в специальных руководствах [2, 10, 14].

¹ С достаточной для практических целей точностью для пациентов среднего возраста субмаксимальная ЧСС может быть рассчитана по упрощенной формуле $ЧСС_{субмакс} = 200 - \text{возраст [лет]}$, не требующей умножения.

Методика проведения функциональных дыхательных проб на спирометре «Спиро С-100»

Для проведения функциональных дыхательных проб с использованием прибора «Спиро С-100» необходимо выполнить следующую последовательность действий.

1. Измерьте и зафиксируйте для протокола пробы ЧСС и АД.

Проведите пациенту пневмотахометрию (см. стр. 48) или другое исследование ФВД в зависимости от методики, сохраните лучшие результаты в памяти прибора.

Внимание! Не выключайте спирометр до завершения всех функциональных проб, поскольку выключение спирометра приводит к стиранию результатов всех проб из памяти прибора.

2. В зависимости от вида пробы введите пациенту лекарственный препарат, проведите ингаляцию холодного воздуха или дайте физическую нагрузку. Выдержите определяемое методикой время оценки эффекта пробы.

В это время можно проводить исследования другим пациентам.

Больной, которому проводят пробу, должен ожидать повторного исследования ФВД в спокойном, расслабленном состоянии, желательно сидя. Другие исследования в этот период пациенту противопоказаны.

3. По истечении времени оценки эффекта пробы проведите повторное исследование. Если проводились исследования другим пациентам, то надо найти в памяти спирометра сохраненные ранее результаты проведенных проб. Для этого нажмите клавишу **ФАРМ**, затем введите номер пациента, присвоенный ему при проведении исходного исследования и нажмите **Ввод**. Выберите клавишами **ФЖЕЛ**, **ЖЕЛ** или **МВЛ** тот же вид исследования, что в исходной серии тестов. Спирометр выведет таблицу сохранных в памяти прибора проб.

4. Проведите исследование лёгочной вентиляции после воздействия агента. Сохраните результаты в памяти прибора. Измерьте и запишите ЧСС и АД.
5. По завершению серии повторных измерений распечатайте результаты пробы. Для этого:
 - Выберите клавишами **1...9** в таблице пробу, относительно которой будет проводиться сравнение, и нажмите клавишу **Проба**. Исходная проба будет помечена немигающим прямоугольником.
 - Выберите клавишами **1...9** в таблице пробу, которую надо сравнить с исходной, и нажмите клавишу **Ввод**.
 - На экран будут выведены результаты обеих проб в виде графиков и таблицы, в правом столбце которой представлена динамика изменения показателей, рассчитанная по формуле:

$$D = \frac{\text{Контроль} - \text{Исход}}{\text{Исход}} \cdot 100\%$$

где D — динамика показателя, %; *Исход* и *Контроль* — показатель в исходной и контрольной пробах соответственно. Положительные числа указывают на увеличение данного показателя, отрицательные — на уменьшение в контрольной пробе относительно исходной.

6. Если предусмотрено методикой, повторите оценку эффекта действия бронхолитического препарата (провоцирующего фактора) через очередной период времени, повторив операции, начиная с п. 3.
7. Напечатайте результаты лучшей пробы после воздействия препарата, выбрав эту пробу из таблицы.

5. Интерпретация результатов исследований вентиляции лёгких

5.1 Анализ и оценка показателей ФВД

Завершающим этапом исследования вентиляционной функции лёгких является анализ и оценка полученных данных, формирование «функционального диагноза». Заключение должно вытекать из фактических данных, быть кратким, понятным для врачей-клиницистов.

Оценка лёгочной вентиляции проводится в следующей последовательности:

1. Оценка качества проведения исследования.
2. Сравнение показателей с должностными величинами.
3. Определение характера и локализации функциональных нарушений.
4. Определение степени тяжести респираторных расстройств.
5. Сравнение с данными предшествующих исследований (если они имеются).
6. Оформление функционального диагноза.

Анализ результатов исследования вентиляционной функции лёгких необходимо начинать с оценки качества полученных данных. Критерии качества записи спирограммы и пневмотахограммы, причины неправильного выполнения дыхательных манёвров и способы своевременной их коррекции подробно обсуждались в разд. 4.3 и 4.4. В табл. 5.1 приведена краткая сводка последовательности оценки качества выполнения дыхательных проб.

В случае отклонений от методики, исследование не подлежит дальнейшему анализу и должно быть повторено с исправлением ошибок.

Если качество исследования соответствует нормам, то производится сравнение данных пациента с должностными величинами, что даёт возможность оценить вентиляционные показате-

Таблица 5.1

Критерии оценки качества проведения исследования вентиляционной функции лёгких

	Выполнение маневра правильное	неправильное	Причина неправильного выполнения
Маневр ЖЕЛ	$ЖЕЛ \geqslant ФЖЕЛ$	$ЖЕЛ < ФЖЕЛ$	Недостаточно усилий пациента
Форма кривой «по- ток-объём»	Треугольная с острой верши- ной и большой крутизной вос- ходящей части	С закруглен- ной вершиной или малой крутизной в начале	Недостаточно усилий в начале форсированного выдоха
T_{POS} :			
у здоровых	< 0,1 сек	> 0,1 сек	То же
у больных	< 0,18 сек	> 0,18 сек	
ХОБЛ			
Каскад скоростей	$POS \geqslant$ $MOC_{25} >$ $MOC_{50} >$ MOC_{75}	Иное соотно- шение абсо- лютных значе- ний скоростей	— " —
Зазубрины на кривой «поток – объём»	Отсутствуют	Имеются	Дрожание голо- совых связок или кашель
Изолирован- ное снижение MOC_{75}	Отсутствует	Имеется	Преждевремен- ное окончание выдоха

ли с точки зрения нормы и патологии. Вентиляционные показатели считаются нормальными, если они составляют не менее 80% от должных величин, исключение составляют индексы $OФB_1/ФЖЕЛ$ и $OФB_1/ЖЕЛ$, которые признаются нормальными при значениях не менее 70% (табл. 5.2).

Прежде всего анализируется $ЖЕЛ$, которая является статистическим показателем ФВД. Она прямо зависит от площади функ-

Таблица 5.2
Оценка степени снижения вентиляционных показателей

Параметр	Норма	Условная норма	Степень снижения		
			Лёгкая	Умеренная	Тяжелая
<i>ЖЕЛ</i>	≥ 80	—	60–80	50–60	<50
<i>ОФВ₁</i>	≥ 80	—	60–80	50–60	<50
<i>ОФВ₁/ФЖЕЛ</i>	$\geq 70\%$	—	55–70%	40–55%	<40%
<i>MOC₂₅</i>	≥ 80	70–80	60–70	40–60	<40
<i>MOC₅₀</i>	≥ 80	70–80	60–70	40–60	<40
<i>MOC₇₅</i>	≥ 80	70–80	60–70	40–60	<40
<i>COC_{25–75}</i>	≥ 80	70–80	60–70	40–60	<40

Все показатели даны в *процентах от должных величин*, кроме индекса *ОФВ₁/ФЖЕЛ*, который приведен в процентах.

ционирующей лёгочной ткани, снижается при её уменьшении (пневмонии, экссудативные плевриты, опухоли и резекции лёгких, спаечный процесс в плевральной полости и т.п.). Во всех таких случаях это ведет к изолированному снижению *ЖЕЛ* (без изменения объёмно-скоростных показателей), что позволяет диагностировать *рестриктивный* (ограничительный) тип нарушения дыхательной функции лёгких.

Поскольку снижение *ЖЕЛ* при рестриктивных процессах сопровождается пропорциональным снижением составляющих её легочных объёмов *РО_{ВД}* и *РО_{Выд}*, то характерными для этого типа респираторных нарушений являются нормальные или даже несколько повышенные значения индексов Тиффно и *ОФВ₁/ФЖЕЛ* [17]. Тяжесть рестриктивных нарушений оценивается по табл. 5.2.

Затем производится анализ объёмно-скоростных показателей: *ФЖЕЛ*, *ОФВ₁*, *ПОС*, *MOC₂₅*, *MOC₅₀*, *MOC₇₅*, *COC_{25–75}*. Они описывают петлю «поток-объём» форсированного выдоха и характеризуют, прежде всего, проходимость дыхательных путей. Однако определенное значение в снижении объёмно-скоростных показателей, особенно в конце выдоха, могут иметь также и до-

полнительные факторы: снижение эластической ретракции лёгких и сократительной способности дыхательных мышц.

При анализе объёмно-скоростных показателей выделяют параметры, характеризующие первую половину форсированного выдоха, отражающие проходимость проксимального отдела дыхательных путей, и показатели второй половины дыхательного манёвра, отражающие проходимость дистальных отделов дыхательных путей. К первой группе параметров относятся: OFB_1 , $OFB_1/FJEL$, $FJEL$, POS , MOC_{25} . Проходимость дистальных отделов характеризуют MOC_{50} , MOC_{75} , COC_{25-75} .

Прежнее представление о возможности по форме кривой «поток-объём» и скоростным показателям форсированного выдоха более детально определять уровень обструкции дыхательных путей (обструкция крупных, средних и мелких бронхов) в настоящее время оставлено в связи с научной недоказанностью этих представлений [2, 16]. Также не совсем корректно при обсуждении обструктивных нарушений использовать терминологию, включающую слова «бронхиальная проходимость», «бронхиальная обструкция» и т.п., поскольку при оценке обструктивных нарушений речь идет об определении проходимости дыхательных путей в целом (бронхов, трахеи, верхних отделов дыхательных путей), хотя удельный вес проводимости бронхов в состоянии проходимости дыхательных путей у больных ХОБЛ является определяющим.

Многолетняя научная и практическая работа показала, что при возникновении и дальнейшем развитии ХОБЛ происходит поэтапное прогрессирующее снижение объёмно-скоростных показателей. На начальном этапе развития ХОБЛ обструктивные нарушения формируются прежде всего в дистальном отделе дыхательных путей, о чём свидетельствует изолированное снижение MOC_{50} , MOC_{75} , COC_{25-75} , что соответствует известному ранее понятию «болезни мелких бронхов». В дальнейшем, по мере нарастания обструктивных расстройств в дистальном отделе, присоединяется снижение MOC_{25} , что свидетельствует о возникновении начального этапа обструкции проксимального отде-

ла дыхательных путей. Проксимальная обструкция дыхательных путей становится очевидной, когда проявляется снижение патогномоничных для этого состояния показателей: OFB_1 , ФЖЕЛ , $OFB_1/\text{ЖЕЛ}$, $OFB_1/\text{ФЖЕЛ}$, POS .

При выраженных обструктивных нарушениях наблюдается и снижение ЖЕЛ , обусловленное уменьшением $PO_{\text{выд}}$. Такое уменьшение ЖЕЛ патогенетически принципиально отличается от рестриктивных расстройств, где ведущими причинами снижения этого показателя, как отмечалось выше, являются ограничительные процессы. Следует подчеркнуть, что снижение ЖЕЛ при обструктивных нарушениях обычно менее значимо, обязательно сочетается со снижением индексов $OFB_1/\text{ЖЕЛ}$ и $OFB_1/\text{ФЖЕЛ}$, другими признаками обструктивных расстройств.

Одновременное присутствие функциональных признаков дистальной и проксимальной обструкции дыхательных путей следует трактовать как *генерализованную обструкцию дыхательных путей*.

Хроническая обструкция диагностируется, если она зарегистрирована не менее трех раз в течение одного года, несмотря на проводимую терапию [1].

После определения локализации обструктивных нарушений необходимо оценить тяжесть вентиляционных расстройств. При оценке тяжести обструктивных расстройств в проксимальном отделе дыхательных путей следует учитывать наиболее информативные показатели OFB_1 и $OFB_1/\text{ФЖЕЛ}$, используя данные табл. 5.2 [25].

Критерии оценки тяжести обструктивных нарушений дистального отдела дыхательных путей противоречивы. Проведенные исследования показали, что наиболее информативными при оценке вентиляционных расстройств в дистальном отделе дыхательных путей оказались MOC_{50} , COC_{25-75} , диагностическая ценность MOC_{75} не высока. Оптимальная точка разделения нормальных значений этих показателей от патологических соответствовала 80% должных величин. В табл. 5.2 приводятся гранич-

ные значения показателей для оценки степени тяжести обструкции дистальных отделов дыхательных путей [22].

В практике нередки случаи смешанных типов респираторных расстройств. Предположение о них должно возникать всегда, когда имеется сочетание существенного снижения *ЖЕЛ* и признаков нарушения проходимости дыхательных путей разной степени выраженности при нормальных или повышенных индексах *ОФВ₁/ЖЕЛ*, *ОФВ₁/ФЖЕЛ*, что указывает в первом случае на одинаковую выраженность обструктивного и рестриктивного компонентов, а во втором – на преобладание рестрикции над обструкцией. В сомнительных случаях обоснование рестриктивного компонента возможно только при дополнительном исследовании *ФВД* с определением *ОЕЛ* и её структуры. Типичным считается снижение *ООЛ* и уменьшение *ОЕЛ*.

Оценка степени тяжести смешанных типов функциональных расстройств должна проводится путем раздельной характеристики рестриктивного и обструктивного компонентов по критериям, изложенным выше. Примеры формулировки диагнозов представлены в табл. 5.3.

Относительно редкой патологией в практике неспециализированных ЛПУ являются фиксированные стенозы внегрудных отделов дыхательных путей. В этих случаях меняется форма кривой «поток-объём» – из треугольной с острой вершиной она становится плоской, трапециевидной. Наблюдается падение *ПОС* и *MOC₂₅* в большей степени, чем снижение *MOC₅₀* и *MOC₇₅*. При оформлении функционального диагноза степень стеноза внегрудного отдела дыхательных путей определяется по снижению объёмно-скоростных показателей [17].

5.2 Оценка бронходилатационных проб

Оценка результата функциональных проб вентиляции лёгких проводится в представленной ниже последовательности.

1. Оценка результата пробы (положительная или отрицательная).

Таблица 5.3**Примеры формулировок заключительных диагнозов вентиляционных нарушений**

Вариант 1	Вариант 2
Нарушение дыхательной функции лёгких рестриктивного типа легкой степени (средней тяжести, тяжёлой степени)	Рестриктивные нарушения дыхательной функции лёгких лёгкой степени (средней тяжести, тяжёлой степени)
Нарушение проходимости в дистальном отделе дыхательных путей лёгкой степени (средней тяжести, тяжёлой степени)	Дистальная обструкция дыхательных путей лёгкой степени (средней тяжести, тяжёлой степени)
Нарушение проходимости в проксимальном отделе дыхательных путей средней тяжести (лёгкой или тяжёлой степени)	Проксимальная обструкция дыхательных путей средней тяжести (лёгкой или тяжёлой степени)
Генерализованная обструкция дыхательных путей: нарушение проходимости в проксимальном отделе дыхательных путей средней тяжести (лёгкой или тяжелой степени), в дистальном — тяжелой степени (лёгкой степени, средней тяжести).	Генерализованная обструкция дыхательных путей: проксимальная — средней тяжести (лёгкой или тяжёлой степени), дистальная — тяжелой степени (лёгкой степени, средней тяжести).
Нарушение дыхательной функции рестриктивно-обструктивного типа: рестрикция средней тяжести (лёгкой или тяжёлой степени), дистальная обструкция дыхательных путей лёгкой степени (средней тяжести, тяжёлой степени)	
Нарушение проходимости внегрудных отделов дыхательных путей средней тяжести (лёгкой или тяжёлой степени).	

2. Оценка обратимости обструкции (полная или частичная).
3. Общая переносимость пробы, оценка реакции сердечно-сосудистой системы (ЧСС, АД).
4. Оформление в диагнозе результата пробы.

Главной задачей оценки бронходилатационных проб является констатация факта *положительного* или *отрицательного* результата теста. Общепринятым критерием положительной бронходилатационной пробы считается прирост OFB_1 на 12% и более к исходной, при одновременном увеличении этого показателя на 200 мл и более в абсолютном выражении. Отсутствие хотя бы одного из указанных признаков свидетельствует об отрицательном характере пробы [10, 24].

Положительная динамика остальных вентиляционных показателей при общей отрицательной оценке пробы позволяет говорить лишь о некотором улучшении проходимости дыхательных путей в проксимальном или дистальном отделе.

Незначительное несоответствие критериям положительной бронхолитической пробы должно рассматриваться как *сомнительный* результат. В таких случаях показано проведение повторной пробы с бронхолитиком, возможно с увеличением дозы или заменой препарата.

При положительном результате бронходилатационной пробы необходимо оценить обратимость обструктивных нарушений. Такая оценка делается путем сравнения показателей лёгочной вентиляции после пробы с должностными значениями. Полное восстановление их до нормативных значений дает основание говорить о *полной обратимости* обструктивных нарушений, полном восстановлении проходимости дыхательных путей. Частичное улучшение скоростных показателей ФЖЕЛ позволяет констатировать лишь *частичную обратимость* обструктивных нарушений в проксимальном или дистальном отделах дыхательных путей [24].

Существенным моментом при оценке бронходилатационных проб является оценка переносимости пациентом бронхолитического средства, используемого в процессе исследования. Во внимание должны приниматься как субъективные ощущения боль-

ного (тремор тела или конечностей, головокружение, ощущение сердцебиения, сухости во рту и т.п.), так и объективные критерии (динамика ЧСС и АД). Реакцию пациента на препарат особенно важно знать, если используемый в пробе бронхолитик назначается в высокой дозе или планируется к применению в плановой бронхолитической терапии.

5.3 Примеры протоколов исследований и заключений

Ниже представлены протоколы исследований лёгочной вентиляции и заключения по ним. Для удобства результаты исследований представлены в форме «типового протокола». В первом столбце перечислены параметры вентиляции лёгких, исследованные у пациента и имеющие высокое диагностическое значение. В зависимости от модели спирометра число параметров и последовательность их печати может отличаться от представленной в типовом протоколе. В следующем столбце даны должностные величины показателей. Третий и четвертый столбцы таблицы содержат результаты исходных измерений в абсолютных значениях (абс) и в процентах от должностных величин (%д) соответственно.

Если пациенту проводилась фармакологическая проба, то название препарата и время, когда проводился контроль эффекта, приведены в заголовке правых столбцов таблицы. В пятой и шестой колонках таблицы приведены результаты контрольного исследования ФВД, соответственно в абсолютных величинах и процентах от должностных. Последний столбец содержит вычисленные разности (Разн) между показателями в контрольной и исходной пробах, выраженные в процентах от исходной (см. формулу на стр. 58). Положительные числа в этой колонке означают, что произошел прирост соответствующего показателя.

Ниже таблицы приведены результаты измерений ЧСС и АД до и после приёма препарата, если пациенту проводилась бронходилатационная проба. Во всех протоколах исследований выделены показатели, на основании которых сделаны соответствующие

заключения. Формулировки заключений соответствуют рекомендованным выше и приведенным в табл. 5.3.

Случай 1.

Пациент: женщина, 53 г

Диагноз: профосмотр.

	Должн	Исходные	Контроль	Разн
	абс	%д	абс	%
ЖЕЛ, л	2,76	2,76	100,0	
ОФВ ₁ , л	2,28	2,37	104,0	
ОФВ ₁ /ЖЕЛ, %		86		
ФЖЕЛ, л	2,76	2,69	97,4	
ПОС, л/с	5,94	7,20	121,2	
МОС ₂₅ , л/с	5,33	7,51	140,9	
МОС ₅₀ , л/с	3,68	4,77	129,6	
МОС ₇₅ , л/с	1,43	0,95	66,4	
СОС ₂₅₋₇₅ , л/с	3,08	3,12	101,3	

Заключение: ФВД в норме. Нарушений проходимости дыхательных путей не выявлено.

Примечание: изолированное снижение МОС₇₅ — артефакт, связанный с дефектом выполнения конца дыхательного маневра, однако пробу можно признать выполненной.

Случай 2.

Пациент: мужчина, 45 л

Диагноз: острый бронхит.

	Должн	Исходные	Контроль	Разн
	абс	%д	абс	%
ЖЕЛ, л	4,53	4,87	107,5	
ОФВ ₁ , л	3,42	3,37	98,5	
ОФВ ₁ /ЖЕЛ, %		69		
ФЖЕЛ, л	4,35	4,87	111,7	
ПОС, л/с	8,50	9,36	110,2	
МОС ₂₅ , л/с	7,51	6,32	84,1	
МОС ₅₀ , л/с	4,54	2,84	62,7	
МОС ₇₅ , л/с	1,75	1,06	60,6	
СОС ₂₅₋₇₅ , л/с	3,57	2,31	64,7	

Заключение: Дистальная обструкция дыхательных путей лёгкой степени.

Случай 3.

Пациент: женщина, 34 г

Диагноз: бронхиальная астма.

			Беродуал 2 дозы, контроль эффекта через 40 мин		
	Должн абс	Исходные %д	Контроль абс	Контроль %д	Разн %
ЖЕЛ, л	3,92	3,60	91,8	4,83	123,2 34,2
ОФВ ₁ , л	3,34	2,64	79,0	4,07	121,9 54,2 (1,43л)
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %		73		84	15,1
ФЖЕЛ, л	3,85	3,60	93,5	4,83	125,5 34,2
ПОС, л/с	7,33	6,40	87,3	9,08	123,9 41,9
МОС ₂₅ , л/с	6,29	4,36	69,3	6,84	108,7 57,0
МОС ₅₀ , л/с	4,52	2,07	45,8	4,88	108,0 135,7
МОС ₇₅ , л/с	2,07	0,86	41,5	2,09	101,0 143,2
СОС _{25–75} , л/с	3,91	1,82	46,5	4,22	108,0 127,4
До пробы: АД=130/80 мм рт. ст. ЧСС=76 в 1 мин			После пробы: АД=137/84 мм рт. ст. ЧСС=80 в 1 мин		

Заключение: Дистальная обструкция дыхательных путей средней тяжести.

Проба с 2 дозами беродуала через 40 мин положительная, с полной обратимостью обструкции. Негативной реакции сердечно-сосудистой системы не отмечено.

Случай 4.

Пациент: женщина, 60 л

Диагноз: Хронический обструктивный бронхит. Метатуберкулезный пневмосклероз.

			Сальбутамол 2 дозы, контроль эффекта через 15 мин		
	Должн абс	Исходные %д	Контроль абс	Разн %д	Разн %
ЖЕЛ, л	2,70	1,26	46,7	1,31	48,5 4,0
ОФВ ₁ , л	2,12	0,73	34,4	0,69	32,5 -5,5 (-0,04л)
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %		57	51		-10,5
ФЖЕЛ, л	2,56	1,28	50,0	1,35	52,7 5,5
ПОС, л/с	5,83	2,64	45,3	2,76	47,3 4,5
МОС ₂₅ , л/с	5,10	0,69	13,5	0,63	12,4 -8,7
МОС ₅₀ , л/с	3,38	0,42	12,4	0,36	10,7 -14,2
МОС ₇₅ , л/с	0,99	0,18	18,2	0,16	16,1 -11,1
СОС ₂₅₋₇₅ , л/с	2,46	0,27	11,0	0,34	13,8 26,0
До пробы: АД=150/90 мм рт. ст. ЧСС=88 в 1 мин			После пробы: АД=170/100 мм рт. ст. ЧСС=110 в 1 мин		

Заключение: Нарушение дыхательной функции лёгких обструктивно-рестриктивного типа тяжёлой степени (по ОФВ₁/ФЖЕЛ превалирует обструкция).

Проба с 2 дозами сальбутамола (200 мкг) через 15 мин отрицательная. Отмечена негативная реакция сердечно-сосудистой системы (подъем АД, тахикардия).

Случай 5.

Пациент: женщина, 78 л

Диагноз: хронический обструктивный бронхит.

			Сальбутамол 4 дозы, контроль эффекта через 15 мин		
	Должн абс	Исходные %д	Контроль абс	Разн %д	Разн %
ЖЕЛ, л	2,30	2,17	94,3	2,26	98,3 4,1
ОФВ ₁ , л	1,77	1,41	80,0	1,59	90,0 12,8 (0,18 л)
ОФВ ₁ /ЖЕЛ, %	65			71	9,2
ФЖЕЛ, л	2,17	2,17	100,0	2,26	104,1 4,1
ПОС, л/с	5,35	2,71	50,7	3,19	59,6 17,7
МОС ₂₅ , л/с	4,80	2,03	42,3	2,54	52,9 25,1
МОС ₅₀ , л/с	3,13	1,02	32,6	1,12	35,8 8,8
МОС ₇₅ , л/с	0,84	0,32	38,1	0,28	33,3 -12,5
СОС ₂₅₋₇₅ , л/с	2,27	0,80	35,2	0,82	36,1 2,5
До пробы: АД=160/90 мм рт. ст. ЧСС=82 в 1 мин			После пробы: АД=180/100 мм рт. ст. ЧСС=105 в 1 мин		

Заключение: Дистальная обструкция дыхательных путей тяжелой степени, начальные признаки проксимальной обструкции.

Проба с 4 дозами сальбутамола (400 мкг) через 15 мин сомнительная (абсолютный прирост ОФВ₁ менее 0,2 л). Отмечена негативная реакция сердечно-сосудистой системы (подъем АД, тахикардия).

Рекомендуется повторная пробы с беротеком.

Случай 6.

Пациент: женщина, 50 л

Диагноз: Состояние после пульмонэктомии справа. Хронический обструктивный бронхит.

			Сальбутамол 4 дозы, контроль эффекта через 15 мин		
	Должн абс	Исходные %д	Контроль абс	Разн %	
ЖЕЛ, л	2,70	1,36	50,4	1,45	53,7 6,6
ОФВ ₁ , л	2,23	1,14	51,1	1,17	52,5 2,6 (0,03л)
ОФВ ₁ /ЖЕЛ, %		84		81	-3,6
ФЖЕЛ, л	2,63	1,36	51,7	1,45	55,1 6,6
ПОС, л/с	5,86	3,14	53,6	3,01	51,4 -4,1
МОС ₂₅ , л/с	5,31	2,70	50,8	2,97	55,9 10,0
МОС ₅₀ , л/с	3,68	1,25	33,9	1,20	31,1 -4,0
МОС ₇₅ , л/с	1,48	0,43	29,1	0,36	24,3 -16,3
СОС ₂₅₋₇₅ , л/с	3,15	0,92	29,2	0,93	29,5 1,1
До пробы: АД=140/80 мм рт. ст. ЧСС=72 в 1 мин			После пробы: АД=145/80 мм рт. ст. ЧСС=86 в 1 мин		

Заключение: Нарушение дыхательной функции лёгких рестриктивно-обструктивного типа средней тяжести (по ОФВ₁/ФЖЕЛ превалирует рестрикция).

Проба с 4 дозами сальбутамола (400 мкг) через 15 мин отрицательная. Негативной реакции сердечно-сосудистой системы не отмечено.

Случай 7.

Пациент: мужчина, 69 л

Диагноз: бронхобструктивный синдром?

			Сальбутамол 4 дозы, контроль эффекта через 15 мин		
	Должн абс	Исходные %д	Контроль абс	Разн %	
ЖЕЛ, л	3,67	3,13	85,3	3,21	87,5 2,6
ОФВ ₁ , л	2,73	2,41	88,3	2,83	103,7 17,4 (0,42 л)
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %		77		88	14,3
ФЖЕЛ, л	3,54	3,13	88,4	3,21	90,7 2,6
ПОС, л/с	7,50	5,66	75,5	6,28	83,7 10,9
МОС ₂₅ , л/с	6,70	5,89	87,9	6,09	90,9 3,4
МОС ₅₀ , л/с	3,88	3,21	82,7	4,20	108,2 30,8
МОС ₇₅ , л/с	1,25	1,03	82,4	1,53	122,4 48,5
СОС ₂₅₋₇₅ , л/с	2,99	1,89	63,2	3,42	114,4 81,0
До пробы: АД=140/90 мм рт. ст. ЧСС=68 в 1 мин			После пробы: АД=145/80 мм рт. ст. ЧСС=74 в 1 мин		

Заключение: Исходные показатели вентиляционной функции лёгких в пределах условной нормы.

После ингаляции 4 доз сальбутамола (400 мкг) через 15 мин пробы положительная, что указывает на наличие «скрытого» бронхоспазма. Негативной реакции сердечно-сосудистой системы не выявлено.

Литература

1. Айсанов З.Р., Кокосов А.Н., Овчаренко С.И. и др. Хронические обструктивные болезни легких. Федеральная программа // Рус. мед. журн. — 2001, т. 9, №1. — С. 9–34.
2. Баранов В.Л., Куренкова И.Г., Казанцев В.А., Харитонов М.А. Исследование функции внешнего дыхания. — СПб.: Элби-СПб., 2002. — 302 с.
3. Бронхиальная астма. Глобальная стратегия: Совмест. докл. Нац. ин-та Сердце, Легкие, Кровь и Всемирной Организации Здравоохранения, март 1993 // Пульмонология. — 1996, Прил. — 165 с.
4. Бронхиальная астма у взрослых. Атопический дерматит: Клин. рекомендации / Под ред. А.Г. Чучалина — М.: Атмосфера, 2002. — 253 с.
5. Гриппи М. Патофизиология легких: Пер. с англ. — М.: БИНОМ, 1997. — 327 с.
6. Клемент Р.Ф., Зильбер Н.А. Функционально-диагностические исследования в пульмонологии: Методические рекомендации. — СПб, 1993. — 47 с.
7. Клемент Р.Ф., Зильбер Н.А. Методические особенности показателей кривой поток–объем у лиц моложе 18 лет. // Пульмонология. — 1994, № 2, С. 17–21
8. Княжеская Н.П. Бронхиальная астма: некоторые аспекты диагностики и лечения // Consilium medicum. — 2001, т.3, №12 — С. 575–579.
9. Лопата В.А., Сахно Ю.Ф. Многоуровневая система спирометрической аппаратуры // Функциональная диагностика. — 2003, №2, С. 52–55
10. Рис Д. Диагностические тесты в пульмонологии: Пер. с англ. — М.: Медицина, 1994. — 237 с.
11. Савельев Б.П., Ширяева И.С. Функциональные параметры системы дыхания у детей и подростков: Руководство для врачей. — М.: Медицина, 2001. — 232 с.
12. Сильвестров В.П., Бакулин М.П., Семин С.Н. и др. Клиническая интерпретация данных исследования функции внешнего дыхания: Методические рекомендации. — Москва, 1990.
13. Согласованное заявление Европейского респираторного общества (ERS). Оптимальная оценка и лечение хронической обструктивной

- болезни легких // Рус. мед. журн. — 1998, №3, Прил. — С. 3–30.
14. Стандартизация легочных функциональных тестов. Европейское сообщество стали и угля. Люксембург, 1993 // Пульмонология. — 1993, Прил. — 92 с.
15. Стандарты (протоколы) диагностики и лечения больных с неспецифическими заболеваниями легких / Под ред. А. Г. Чучалина. — М.: Грантъ, 1999. — 40 с.
16. Стручков П. В., Виницкая Р. С., Люкевич И. А. Введение в функциональную диагностику внешнего дыхания. — М., 1996. — 72 с.
17. Унифицированная методика проведения и оценки функционального исследования механических свойств аппарата вентиляции человека: Метод. пособие для врачей / Подгот. Кузнецова В. К. и др. — Изд. перераб. и доп. — СПб, 1996. — 54 с.
18. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология: Пер. с англ. — М.: МедиаСфера, 1998. — 345 с.
19. Чучалин А. Г. Бронхиальная астма. — М.: Рус. врач, 2001. — 143 с.
20. Ширяева И. С., Лукина О. Ф., Реутова В. С. и др. Функциональные методы исследования бронхиальной проходимости у детей.: Методические рекомендации. — Москва, 1990.
21. Ширяева И. С., Савельев Б. П., Марков Б. А., Переверзева Н. Ю. Должные величины кривой поток-объем форсированного выдоха у детей 6–16 лет. // Вопросы охраны материнства и детства.- М.: 1990. — С. 8–11.
22. Ярцев С. С. Индексная оценка диагностической эффективности показателей вентиляции у больных бронхиальной астмой // Пульмонология. — 2003, №5. — С. 16–21.
23. Calverley P. M. A., Burge P. S., Spencer S. et al. Bronchodilatator reversibility testing in chronic obstructive pulmonary disease // Thorax. — 2004. — Vol. 58, No 8. — P. 659–664.
24. Lung function tests: Physiological principles and clinical applications / Ed. by J. M. B. Hughes, N. B. Pride. — London etc.: Saunders, 1999. — 314 p.
25. A practical approach to pulmonary medicine /Ed. R. H. Goldstein et al. — Philadelphia; New York: Lippincott–Raven, 1997. — 605 p.

Приложение А. Обозначения основных параметров ФВД

В таблице приводятся соответствия между основными терминами на русском и английском языках, наиболее распространёнными в зарубежной литературе.

Аббревиатура		Полное название параметра
<i>ОЕЛ</i>	<i>TC (TLC)</i>	Общая ёмкость лёгких Total (lung) capacity
<i>ЖЕЛ</i>	<i>VC</i>	Жизненная ёмкость лёгких Vital capacity
<i>ДО</i>	<i>Vt, TV</i>	Дыхательный объём Tidal volume
<i>РО_{вд}</i>	<i>IRV</i>	Резервный объём вдоха Inspiratory reserve volume
<i>РО_{выд}</i>	<i>ERV</i>	Резервный объём выдоха Expiratory reserve volume
<i>Е_{вд}</i>	<i>IC</i>	Ёмкость вдоха Inspiratory capacity
<i>ФОЕ</i>	<i>FRC</i>	Функциональная остаточная ёмкость Functional residual capacity
<i>ООЛ</i>	<i>RV</i>	Остаточный объём лёгких Residual volume
<i>МП</i>	<i>Vd</i>	Объём мертвого пространства Dead space
<i>МОД</i>	<i>V</i>	Минутный объём дыхания Minute ventilation
<i>МВЛ</i>	<i>MVV, MBC</i>	Максимальная вентиляция лёгких Maximal voluntary ventilation, Maximal breathing capacity
<i>ФЖЕЛ</i>	<i>FVC</i>	Форсированная жизненная ёмкость лёгких Forced vital capacity

Продолжение на следующей странице

Аббревиатура		Полное название параметра
<i>OФВ1</i>	<i>FEV1</i>	Объём форсированного выдоха за первую секунду Forced expiratory volume
<i>ИТ</i>	<i>FEV1/VC%</i>	Индекс Тиффно (<i>OФВ1/ЖЕЛ</i>)
<i>СОС_{25–75}</i>	<i>FEF_{25–75}</i> <i>MMEF</i>	Средняя объёмная скорость выдоха на уровне выдоха 25–75% ФЖЕЛ Forced expiratory flow... или Mean mid-expiratory flow...
<i>MOC₂₅</i>	<i>MEF₂₅ FEF₇₅</i>	Максимальные скорости выдоха на уровне 25, 50 и 75% ФЖЕЛ
<i>MOC₅₀</i>	<i>MEF₅₀ FEF₅₀</i>	
<i>MOC₇₅</i>	<i>MEF₇₅ FEF₂₅</i>	Maximal expiratory flow... или Forced expiratory flow...*
<i>ПОС</i>	<i>PEF</i>	Пиковая (максимальная) объёмная скорость форсированного выдоха Peak expiratory flow
<i>T_{ПОС}</i>	<i>T_{PEF}</i> <i>FET_{PEF}</i>	Время достижения ПОС Forced expiratory time at PEF
<i>T_{ФЖЕЛ}</i>	<i>FET</i> <i>T_{FVC}</i>	Время форсированного выдоха Forced expiratory time
<i>ДВ</i>	<i>PV</i>	Должные величины Predicted values

* См. стр. 30, где обсуждаются *существенные различия* этих обозначений.

Приложение Б. Исследование дыхания Памятка для пациента

Вам назначено исследование функции дыхания. Оно будет проведено «___» 200___ г в кабинете диагностики №___ на ___ этаже.

Во время исследования функции дыхания вы будете дышать в индивидуальный мундштук, а аппарат произведет измерение объёма и скорости потока воздуха на вдохе и выдохе. Для получения правильных результатов вам нужно будет точно следовать инструкциям медицинской сестры и делать именно те дыхательные движения, о которых вас попросят.

Возможно, некоторые пробы будут повторены несколько раз, чтобы выбрать самый удачный результат.

Если в этом возникнет необходимость, то в процессе исследования вам могут предложить принять или вдохнуть лекарства, а через некоторое время после их приёма исследования будут повторены. Это делается для оценки реакции вашего организма на медикаменты.

Для подготовки к исследованию, пожалуйста, соблюдайте эти простые правила:

- Если вы курите, то постарайтесь не курить в течение предшествующих исследованию суток. Если вам это не удалось, то не курите хотя бы в течение 2 часов перед исследованием.
- Не употребляйте любые, даже самые небольшие, количества алкоголя в течение 24 предшествующих исследованию часов.
- Не делайте энергичных физических усилий, включая занятия физкультурой и подъём по лестнице, в течение 2 часов до исследования.

- На исследование придите заранее, за 10–15 минут, и сидя отдохните перед кабинетом. Оденьте легкую, не стесняющую движения груди, одежду. Расстегните воротничок.
- Не кушайте обильно за 2 часа до выполнения исследования, ваш завтрак должен быть лёгким.
- Если вы принимали любые лекарства, то сообщите проводящей исследование медсестре, какие лекарства, когда и в какой дозе вы принимали. Эти сведения очень важны, поэтому будьте внимательны.

Исследование дыхания абсолютно безопасно и обычно занимает около 10 минут, если вы правильно выполняете дыхательные движения.

Результаты исследования дыхания вы сможете обсудить с назначившим его врачом.

Список иллюстраций

2.1	Спирограмма спокойного дыхания и дыхательный манёвр определения ЖЕЛ	23
2.2	Поток и объём во время форсированного выдоха . .	28
2.3	График «поток–объём» форсированного выдоха . .	32
4.1	Правильное и неправильное положение мундштука во рту во время выполнения дыхательных манёвров	39
4.2	Методики определения ЖЕЛ	42
4.3	Ошибки выполнения спирометрии	43
4.4	Последовательность определения ФЖЕЛ	46
4.5	Ошибки выполнения пневмотахометрии	46

Список таблиц

1.1. Допустимые диапазоны возраста и роста пациентов в некоторых системах должных величин показателей ФВД	11
2.1. Объём исследований функции дыхания на разных уровнях организации медицинской службы	20
2.2. Примерные требования к конструкциям спирометрической аппаратуры	21
2.3. Параметры, определяемые во время спирометрии . .	26
2.4. Параметры, определяемые пневмотахометрией . .	29
4.1. Средства для проведения бронхолитических проб и оказания экстренной помощи	41
4.2. Срок отмены некоторых препаратов перед функциональными пробами лёгочной вентиляции	52
4.3. Дозы и срок оценки эффекта основных бронхолитических средств у взрослых	52
5.1. Критерии оценки качества проведения исследования вентиляционной функции лёгких	60
5.2. Оценка степени снижения вентиляционных показателей	61
5.3. Примеры формулировок заключительных диагнозов вентиляционных нарушений	65

Предметный указатель

В

ВТРС: условия измерения 18

Б

Бронходилятационные пробы *см.*

Пробы бронходилятационные

Бронхоспазм

привокация 47, 50

В

Вентиляция альвеолярная 24

Вентиляция лёгких максимальная 26

Воспроизводимость 35

Г

Гипервентиляция 24, 49, 50

Гиповентиляция 24

Д

Датчик

термокондуктометрический 16

турбинный 15

ультразвуковой 17

Дифференциальный манометр 14

Должные величины 9, 60

Дыхание 6

Ё

Ёмкость

вдоха 25

Ёмкость лёгких

жизненная 25

измерение 41, 44

жизненная максимальная 28

общая 25

остаточная функциональная

25

форсированная жизненная

27

Ж

ЖЕЛ *см.* Ёмкость лёгких жизненная

К

Калибровка 19

М

МВЛ *см.* Вентиляция лёгких максимальная

Мёртвое пространство 24

МОД *см.* Объём дыхания минутный

МОС *см.* Скорость мгновенная объёмная

Н

Нарушения обструктивно-рестриктивные *см.* Смешанные нарушения

Нарушения обструктивные *см.* Обструктивные нарушения

Нарушения рестриктивные *см.* Рестриктивные нарушения

Нарушения смешанные *см.* Смешанные нарушения

Недостаточность дыхательная 34

О

Обструктивно-рестриктивные нарушения *см.* Смешанные нарушения

- Обструктивные нарушения 8, 61
генерализованные 63
дистальные 62
обратимые 50
проксимальные 62
хронические 63
- Объём
альвеолярный 24
дыхания минутный 24
дыхательный 23
лёгких остаточный 25
резервный
вдоха 24
выдоха 24
форсированного выдоха 29
- П**
Пикфлюометр 12
Пневмотахограф 12
Пневмотахометрия 12, 27, 50
методика 45
ПОС *см.* Скорость пиковая объёмная
Проверка метрологическая 19
Повторяемость 35
Поток-объём 12
Пробы
бронходилатационные 50, 51
оценка результатов 64
бронхоконстрикторные 50, 54
- Р**
Рестриктивные нарушения 8, 61
- С**
Скорость
мгновенная, выдоха 30
пиковая объёмная, выдоха 28
время достижения 28
средняя, выдоха 30
Смешанные нарушения 8, 64
СОС *см.* Скорость средняя объёмная
Спирограмма 12, 23
Спирометр 12
Спирометрия 12, 13
методика 41
- Т**
Турбинный датчик 15
- Ф**
ФЖЕЛ *см.* Ёмкость лёгких
форсированная жизненная
Флоуспирометр 13
Флоуспирометрия 13
- Ч**
Частота дыхания 24

Оглавление

Введение	3
1 Избранные вопросы клинической физиологии дыхания	6
2 Способы исследования вентиляции лёгких	12
2.1 Общие принципы измерения вентиляции лёгких	12
2.2 Спирометрия	23
2.3 Пневмотахометрия	27
3 Показания к исследованию вентиляционной функции лёгких	33
3.1 Противопоказания к исследованию вентиляционной функции лёгких	34
4 Методика исследования лёгочной вентиляции	35
4.1 Подготовка пациента к исследованию вентиляции лёгких	36
4.2 Общие правила проведения спирометрии и пневмотахографии	37
4.3 Методика измерения ЖЕЛ	41
4.4 Методика проведения пневмотахометрии	45
4.5 Методика исследования МВЛ	48
4.6 Функциональные вентиляционные пробы	50
5 Интерпретация результатов исследований вентиляции лёгких	59
5.1 Анализ и оценка показателей ФВД	59
5.2 Оценка бронходилатационных проб	64
5.3 Примеры протоколов исследований и заключений	67
Литература	74
А Обозначения основных параметров ФВД	76
Б Памятка для пациента	78