МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

Кафедра пульмонологии и фтизиатрии
с курсом аллергологии, иммунологии и профпатологии

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СПИРО- И ПНЕВМОТАХОМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ С УЧЕТОМ РЕКОМЕНДАЦИЙ GLI

Учебно-методическое пособие

Минск, БелМАПО
2022

УДК 616.24-073.173(075.9)
ББК 54.12я73
И 73

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия
НМС Государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования»
протокол № 9 от 29.12.2021

Авторы:

Лаптева Е.А., заведующий кафедрой пульмонологии и фтизиатрии с курсом аллергологии, иммунологии и профпатологии БелМАПО, к.м.н., доцент

Ушакова Л.Ю., заведующий кафедрой функциональной диагностики БелМАПО, к.м.н., доцент

Харевич О.Н., ассистент кафедры пульмонологии и фтизиатрии с курсом аллергологии, иммунологии и профпатологии БелМАПО, к.м.н.

Катибникова Е.И., ассистент кафедры пульмонологии и фтизиатрии с курсом аллергологии, иммунологии и профпатологии БелМАПО

Вертинский Е.А., доцент кафедры пульмонологии и фтизиатрии с курсом аллергологии, иммунологии и профпатологии БелМАПО, к.м.н.

Рецензенты:

Борис А.М., заведующий 2-ой кафедрой внутренних болезней УО «Белорусский государственный медицинский университет», к.м.н., доцент

Кафедра фтизиопульмонологии УО «Белорусский государственный медицинский университет»

И 73 **Интерпретация** результатов спиро- и пневмотахометрического исследования с учетом рекомендаций GLI : учеб.-метод. пособие / Е.А. Лаптева [и др.] – Минск : БелМАПО, 2022. – 42 с.

ISBN 978-985-584-709-1

В данном издании изложены современные подходы к интерпретации спирографических и пневмотахометрических исследований с целью определения функционального состояния бронхо-легочной системы. Приведены способы интерпретации полученных результатов с учетом рекомендаций GLI и их клиническое значение.

Учебно-методическое пособие предназначено для слушателей, осваивающих содержание образовательных программ: переподготовки по специальностям «Пульмонология» (дисциплина «Заболевания нижних дыхательных путей»); «Функциональная диагностика» (дисциплина «Исследование внешнего дыхания, нейрофизиологические методы исследования, методы оценки артериальной жесткости»); повышения квалификации врачей-пульмонологов, врачей-фтизиатров, врачей-рентгенологов, врачей-терапевтов, врачей общей практики, врачей функциональной диагностики, а также клинических ординаторов.

УДК 616.24-073.173(075.9)
ББК 54.12я73

ISBN 978-985-584-709-1

© Лаптева Е.А. [и др.], 2022
© Оформление БелМАПО, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4

Основные показатели вентиляции легких 5

Методические требования к проведению спирографических и пневмотахографических исследований 10

Критерии качественного исследования 14

Интерпретация результатов спирометрических и пневмотахометрических исследований 22

Бронходилатационный тест 32

Клиническое применение спирографических и пневмотахометрических исследований 35

Заключение 38

Приложение 1 39

Литература 40

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного методического документа является ознакомление со стандартами проведения и интерпретации спирометрии, пневмотахометрии и уменьшение вариабельности результатов исследования функционального состояния легких и их трактовки.

Рутинное исследование функции внешнего дыхания состоит из проведения 2 видов тестов – спирометрии и пневмотахометрии. Спиромтерия – это метод регистрации изменения легочных объемов при выполнении дыхательных маневров. Пневмотахометрия - метод регистрации потока (объемной скорости движения воздуха) при спокойном дыхании и при выполнении определенных (форсированных) дыхательных маневров (в клинической практике чаще применяется пневмотахограмма форсированного выдоха). Современные спирометры позволяют определить как спирометрические, так и пневмотахометрические показатели. В связи с этим все чаще результаты исследования объединяются одним названием - спирометрия. Однако, нужно понимать, что спирометрия и пневмотахометрия – две неотъемлемых составляющих т.н. «спирометрии».

Спиро-пневмотахометрия дает ряд ценных показателей состояния здоровья человека. При этом в ряде случаев при исследовании функционального состояния легких может быть недостаточно только спирометрических исследований и необходимо более углубленное обследование. Спирометрические данные нередко хорошо коррелируют с заболеваемостью и ожидаемой продолжительностью жизни, помогают определить индивидуальные показатели здоровья пациента, выявить причину заболевания, его тяжесть и эффективность терапии. Результаты тестов спирометрии помогают оценить качество жизни пациентов, а также определить схему дальнейшего лечения. Спирометрия используются также для проведения эпидемиологических исследований.

Пневмотахометрия базируется на дыхательных тестах, зависящих от усилий пациента, и требует определенного сотрудничества с пациентом, инструктажа и тщательного выполнения. Правильность проведения — важный компонент тестирования. Для правильного проведения теста исполнитель должен быть хорошо обучен и обладать высоким уровнем профессионализма. Другой составной частью является получение достаточного количества тестов хорошего качества и затем - определение степени воспроизводимости, в том числе - путем оценки, достигнуто ли максимальное усилие пациента. Данные дыхательных маневров могут обрабатываться вручную или на компьютере. Указания, включенные в этот документ, унифицируют методику проведения процедуры и расчет параметров, что позволяет сделать сравнимыми результаты спирометрии и пневмотахометрии, полученные в разных медицинских учреждениях.

Далее в тексте с целью упрощения изложения для обозначения спиро-пневмотахометрии будут использоваться «спирометрия», «спирограмма»,

так как эти названия исследований на протяжении многих лет традиционно применяется в практике.

При оценке спирограммы в первую очередь необходимо тщательно проанализировать качество ее выполнения. Мы включили в разработку данные по оценке качества и воспроизводимости результатов исследования, а также критерии исключения ошибочных тестов. После того, как снята качественная спирограмма, необходимо провести интерпретацию результатов по отношению к должным величинам. Клиническая оценка должна быть обобщающей и заключительной частью спирометрического исследования.

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ

Спирометрическое и пневмотахометрическое исследования позволяют определить целый ряд показателей, характеризующих вентиляцию легких. Это измерение статических объемов и емкостей, характеризующих упругие свойства легких и грудной стенки, и динамические исследования, характеризующие количество поступающего в легкие и выводящегося из легких воздуха за единицу времени. Сюда относится ряд показателей, регистрирующихся в режиме спокойного дыхания, и динамические объемы и потоки, которые регистрируются при проведении форсированных маневров (ФЖЕЛ, МВЛ) и в основном отражают состояние дыхательных путей.

Основные статические объемы и емкости:

ДО — дыхательный объем — объем воздуха, поступающий в легкие за один вдох при спокойном дыхании (норма 500-800 мл). Показатели ДО изменяются в зависимости от напряжения и уровня вентиляции. Часть ДО, участвующая в газообмене, называется альвеолярным объемом (АО) и составляет примерно 2/3 ДО. Остальная 1/3 его составляет объем функционального мертвого пространства (ФМП) и состоит из анатомического мертвого пространства, включающего объем верхних дыхательных путей и бронхов первых 16 генераций (примерно 150-200 мл) и альвеолярного мертвого пространства, включающего объем альвеол, вентилируемых, но не перфузируемых. В норме полное мертвое пространство близко к анатомическому.

РОвд — резервный объем вдоха — максимальный объем, который можно дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха.

РОвыд — резервный объем выдоха — максимальный объем, который можно дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха.

Евд — емкость вдоха — сумма ДО и РОвд. Характеризует способность легочной ткани к растяжению. Важна при мониторинге функционального состояния у пациентов с эмфизематозным фенотипом ХОБЛ, первичной эмфиземе, буллезной эмфиземе и т.п.

ЖЕЛ — жизненная емкость легких — сумма ДО, РОвд и РОвыд — максимальный объем, который можно вдохнуть после максимально

глубокого выдоха. Поскольку ЖЕЛ прогрессивно уменьшается при рестриктивных болезнях легких, этот показатель в сочетании с диффузионной емкостью помогает следить за течением болезни и эффективностью лечения у пациентов с рестриктивной патологией легких. Является основным показателем, характеризующим степень рестриктивных нарушений.

ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких — объем воздуха, который можно форсировано выдохнуть после максимального вдоха. У пациентов с обструкцией дыхательных путей и пожилых форсированная жизненная емкость обычно ниже, чем ЖЕЛ. В случае тяжелой обструкции ЖЕЛ может значительно превышать ФЖЕЛ.

ООЛ — остаточный объем легких — объем, который остается в легких после максимально полного выдоха (в норме ООЛ у молодых людей не превышает 25-30% от ОЕЛ, а у пожилых составляет около 35% от ОЕЛ).

ФОЕ — функциональная остаточная емкость легких — объем воздуха, остающийся в легких на уровне спокойного выдоха, определяется как сумма РОвыд и ООЛ (в норме ФОЕ составляет примерно 40-50% ОЕЛ).

ОЕЛ — общая емкость легких — сумма ЖЕЛ и ООЛ — это максимальный объем, который могут вместить легкие на высоте глубокого вдоха. Уменьшение ОЕЛ является основным признаком рестриктивного синдрома. Увеличение ООЛ и соответственно отношений ООЛ/ОЕЛ и ФОЕ/ОЕЛ является характерным признаком повышенной воздушности легких, в частности эмфиземы.

ЧД — частота дыхания — число дыхательных движений в минуту при спокойном дыхании. У здоровых людей ЧД составляет 10- 20 в мин.

МОД — минутный объем дыхания. Представляет величину общей вентиляции в минуту при спокойном дыхании. Обычно у взрослых людей составляет 6-8 л в минуту в условиях покоя.

МОД является крайне изменчивой величиной и зависит от ЧД и ДО, величина каждого из которых индивидуальна. При определении МОД требуется соблюдение условий покоя, приближенных к условиям основного обмена, т к. этот показатель зависит от уровня обмена веществ в организме. Если МОД превышает должную величину, определяемую уровнем метаболизма, то говорят об общей гипервентиляции. В обратном случае можно предполагать наличие общей гиповентиляции. Таким образом, у каждого человека имеется свой индивидуальный паттерн дыхания — объемно-временное соотношение дыхательного цикла и вентиляции в целом. Кроме того, следует учитывать, что у здоровых лиц и больных с выраженным нарушением аппарата вентиляции (например, у больных хроническим бронхитом) значения ДО, ЧД и МОД покоя часто бывают идентичными, так как эти данные характеризуют интенсивность процесса вентиляции в момент исследования и почти не характеризуют состояние аппарата вентиляции.

МАВ — минутная альвеолярная вентиляция — это количество газа, которое обменивается в альвеолах за одну минуту дыхания.

МАВ= АО х ЧД = (ДО - ФМП) х ЧД = (МОД - ФМП) х ЧД.

Очевидно, что величина МАВ определяется уровнем метаболизма. Выделяют альвеолярную гипо- и гипервентиляцию. При этом альвеолярная гиповентиляция возможна при общей гипервентиляции, так как МАВ зависит не только от МОД, но и от соотношения ЧД и ДО.

Динамические объемы и потоки, регистрирующиеся при форсированных маневрах:

МВЛ — максимальная вентиляция легких — максимальный объем воздуха, который пациент может провентилировать за 1 минуту. МВЛ = ДОмакс х ЧДмакс

ОФВ$_1$ — объем форсированного выдоха за первую секунду маневра ФЖЕЛ. Это один из основных показателей, характеризующих вентиляцию легких. Он снижается при любых нарушениях: при обструктивных за счет замедления форсированного выдоха, в меньшей степени при рестриктивных — за счет уменьшения всех легочных объемов. ОФВ$_1$ отражает главным образом скорость выдоха в начальной и средней его части и не зависит от скорости в конце форсированного выдоха.

Обычно рассчитывается соотношение ОФВ$_1$ /ЖЕЛ (тест Тиффно) или ОФВ$_1$ /ФЖЕЛ, выраженное в процентах. Рекомендуется рассчитывать соотношение ОФВ$_1$ /ЖЕЛ, т. к. при проведении пробы ФЖЕЛ истинная величина жизненной емкости легких может занижаться. Это соотношение уменьшается при обструктивном типе нарушений, так как при нем скорость выдоха замедляется — уменьшается ОФВ$_1$ — при относительно незначительном снижении или нормальном значении ЖЕЛ. При рестриктивных нарушениях этот показатель не меняется или даже увеличивается за счет пропорционального уменьшения всех легочных объемов.

МОС$_{25}$ — максимальная объемная скорость воздуха на уровне выдоха 25% ФЖЕЛ.

МОС$_{50}$ — максимальная объемная скорость воздуха на уровне выдоха 50% ФЖЕЛ.

МОС$_{75}$ — максимальная объемная скорость воздуха на уровне выдоха 75% ФЖЕЛ.

Степень снижения МОС по мере выдоха от 25 до 75% ФЖЕЛ отражает динамику сопротивления, оказываемого аппаратом вентиляции дыханию. Эти показатели имеют наибольшую ценность при диагностике начальных нарушений бронхиальной проходимости. Обычно за нижний предел нормы показателей потока принимается 60% от должной величины.

СОС$_{2575}$ — объемная скорость форсированного выдоха, усредненная за определенный период измерения — от 25 до 75% ФЖЕЛ. Показатель, прежде всего, отражает состояние мелких дыхательных путей, более информативен, чем ОФВ$_1$ при выявлении ранних обструктивных нарушений, не зависит от усилия.

ПОСвыд — пиковая (максимальная) объемная скорость выдоха при выполнении пробы ФЖЕЛ.

Статические объемы можно представить схематично (рис. 1).

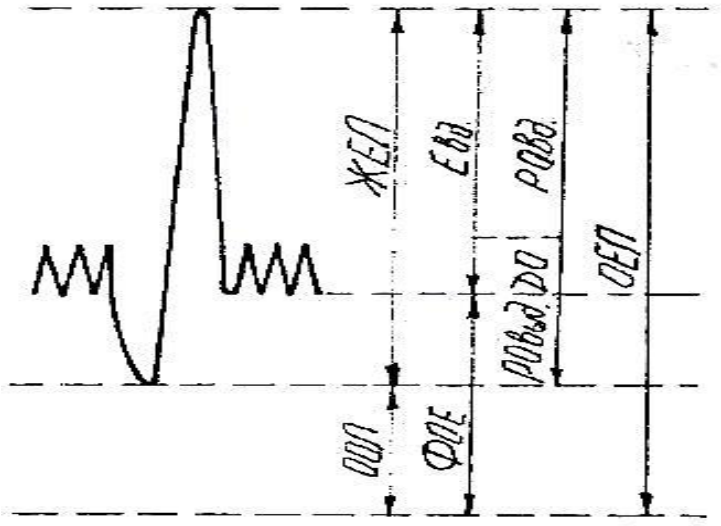

Рисунок 1 – Схематичное изображение спирограммы

Показатели ДО, РОвд, РОвыд, ЖЕЛ, ФЖЕЛ определяются при спирометрическом исследовании непосредственно с помощью выполнения соответствующих маневров.

Для изучения ФОЕ, ООЛ и ОЕЛ необходимо применение конвекционных методов: метод разведения гелия или метод вымывания азота кислородом при БПГ.

При проведении исследования в режиме спокойного дыхания с помощью спирометра можно зарегистрировать ДО, определить ЧД и рассчитать МОД покоя.

Величину МВЛ определяют с помощью спирометрии, побуждая больного дышать как можно глубже и чаще в течение 12 с. Измеренный за этот интервал времени объем выдыхаемого воздуха затем пересчитывают (экстраполируют) на 1 минуту и выражают в литрах в минуту. Как правило, МВЛ тесно коррелирует с $ОФВ_1$. В качестве дополнительного контроля и для оценки дисциплинированности больного МВЛ можно вычислить по данным спирограммы, умножив $ОФВ_1$(л) на 40. Это соотношение справедливо как для нормы, так и для большинства вариантов как рестриктивной, так и обструктивной патологии.

При непропорционально низкой МВЛ у пациентов, правильно выполняющих в ходе исследования все указания врача, следует заподозрить нервно-мышечную слабость. Исключая случаи далеко зашедшей нервно-мышечной патологии, большинство пациентов способны приложить значительное усилие при одном дыхательном цикле. Определение же МВЛ требует от больного значительно больших усилий и потому может выявить сниженные резервы ослабленной дыхательной мускулатуры. МВЛ падает по мере возрастания мышечной слабости и наряду с величинами максимального давления на вдохе и на выдохе оказывается иногда единственным объективным показателем нарушения легочной функции у больных с умеренно выраженной нервно-мышечной патологией. Так как МВЛ отражает тяжесть обструкции дыхательных путей, дыхательный резерв, состояние

дыхательных мышц и общий психологический настрой, ее определение важно при предоперационной подготовке больного, а также при исследовании здоровых людей, в частности спортсменов. Однако величина МВЛ крайне вариабельна и в большой степени зависит от качества выполнения пробы. Кроме того, развивающаяся при ее проведении альвеолярная гипервентиляция может провоцировать бронхоспазм, вызвать коллапс и другие нежелательные последствия. Поэтому в настоящее время тест МВЛ используется только при наличии показаний.

Для определения ФЖЕЛ методом пневмотахометрии наиболее часто используются следующие показатели: $ОФВ_1$, $МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$, $СОС_{2575}$. На пневмотахограмме нагляднее, чем на спирограмме, можно оценить пиковые (максимальные) скорости вдоха и выдоха, средние скорости этих фаз. С этой целью исследуется ФЖЕЛ, результаты представляются в координатах «поток-объем» — кривая «поток- объем». В норме у здорового человека кривая «поток-объем» напоминает треугольник, основанием которого является проекция ФЖЕЛ (рис. 2).

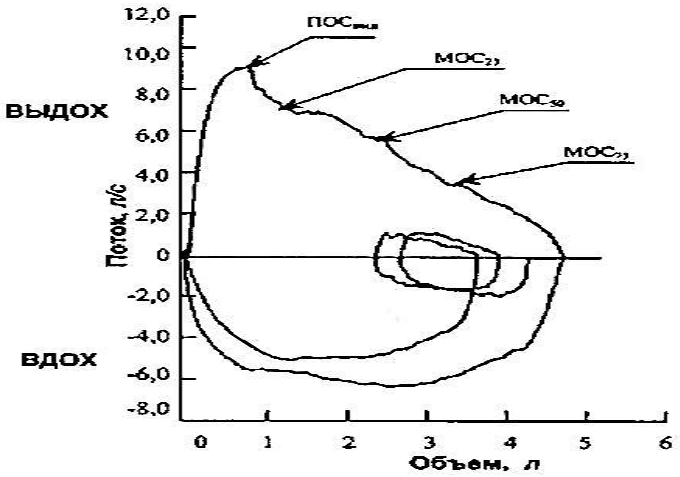

Рисунок 2 – Кривая «поток – объем»

Так же, как и при спирографии, при проведении пневмотахографии необходимо следить за качеством выполнения пробы пациентом, т. к. форма кривой «поток-объем» подвержена значительным вариациям. Наиболее подвержены изменениям показатели потоков в начале форсированного выдоха, более стабильны показатели средней части кривой «поток-объем» на участке выдоха 25-75% ФЖЕЛ.

В отдельных случаях могут исследоваться динамические объемы и потоки форсированного вдоха. Эти показатели не являются основными и исследуются по показаниям. Процедура исследования зачастую воспринимается обследуемыми как неприятная и не имеет широкого применения. Основные показатели маневра форсированного вдоха следующие:

- форсированная жизненная емкость легких вдоха (FIVC) — максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть во время форсированного вдоха после полного выдоха;

- форсированный объем вдоха за первую секунду (FIV_1) — это объем воздуха, вдыхаемый за первую секунду во время выполнения маневра форсированной жизненной емкости легких вдоха. К преимуществам этого параметра относится его малая зависимость от легочной эластической отдачи. Таким образом, низкий $ОФВ_1$ и нормальный форсированный объем вдоха за первую секунду могут служить свидетельством низкой легочной эластической отдачи;

- максимальный инспираторный поток (MIFx%FIVC) — максимальный инспираторный поток, регистрируемый в момент, когда осуществлен вдох определенного процента — форсированной жизненной емкости легких вдоха;

- пиковый инспираторный поток (PIF) — максимальное значение скоростного потока, достигаемое во время маневра форсированной жизненной емкости вдоха.

Основным показанием для проведения маневра форсированного вдоха является определение обструкции внегрудных (экстраторакальных) дыхательных путей, например, обструкции гортани или трахеи. При разграничении обструкции внегрудных и внутригрудных дыхательных путей имеют значение повышение показателей соотношений максимальной объемной скорости выдоха на уровне 50% ФЖЕЛ к значению максимального экспираторного потока на уровне 50% форсированной жизненной емкости вдоха — более 1; $ОФВ_1$ (мл) к ПОС (л/мин) — более 10 и соотношения объема форсированного выдоха за первую секунду к объему форсированного выдоха за первые 0,5 с — более 1,5. Такие значения соотношений должны сопровождаться воспроизводимым плато кривой инспираторного потока.

Форсированный инспираторный маневр может быть использован также для дифференцировки экспираторного ограничения воздушного потока вследствие бронхиальной обструкции и низкой эластической отдачи при легочной эмфиземе, в последнем случае инспираторные потоки будут лишь незначительно снижены.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ СПИРОГРАФИЧЕСКИХ И ПНЕВМОТАХОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Спирография и пневмотахография — тесты, зависящие от усилий пациента. В связи с этим проведение тестов требует инструктажа пациента и тщательного соблюдения методики исследования. Правильность проведения — наиболее важный компонент тестирования.

Общие методические рекомендации:

1. Пациент должен быть правильно подготовлен, должны быть учтены все индивидуальные особенности.

2. Должны быть записаны возраст, рост и вес (измеренные в легкой одежде без обуви), которые понадобятся позже для расчета должных величин. Рост должен быть измерен без обуви, ноги вместе, стоя, максимально выпрямившись и глядя прямо вперед, с использованием точного измерительного прибора. Для пациентов с деформацией грудной клетки, например при кифосколиозе, длина рук от кончика пальцев одной руки до кончика пальцев другой руки может быть использована для расчета роста.

3. Лаборант должен записать тип и дозу любого препарата (ингаляционного или принимаемого внутрь) и когда лекарства применялись в последний раз.

4. В идеале пациент должен избегать:

- курения в течение 24 ч до теста;
- употребления алкоголя, по крайней мере за 4 ч до исследования;
- энергичных физических упражнений, по крайней мере за 30 мин до теста;
- ношения одежды, значительно сдавливающей грудную клетку и затрудняющей движения брюшной стенки;
- обильной еды, по крайней мере за 2 ч до проведения исследования;
- использования бронходилататоров короткого действия, не менее чем за 4 ч до теста.

Эти требования должны быть сообщены пациенту во время назначения исследования. Перед началом исследований необходимо проверить их выполнение, должно быть учтено любое нарушение.

5. Пациент должен посидеть 5-10 мин до начала исследования. Это позволит тщательно проинструктировать пациента по всем требуемым тестам и провести все необходимые приготовления. Тесты должны проводиться в спокойной обстановке, и пациент должен чувствовать себя максимально комфортно до и во время проведения тестов.

6. Во время проведения динамических исследований, таких как ПОСвыд и ФЖЕЛ, пациент должен сидеть прямо в кресле с подлокотниками. Проведение этих исследований в положении стоя не рекомендуется из-за возможных осложнений. Кроме того пациент должен быть расположен правильно по отношению к оборудованию (согласно инструкции производителя).

7. До начала теста надо попросить пациента расстегнуть плотно прилегающую одежду. Зубные протезы, при их наличии у пациента, должны быть удалены только в том случае, если они прилегают неплотно, так как могут помешать проведению исследования.

8. При повторном исследовании, например, когда пациент находится в клинике, в идеале желательно, чтобы исследование повторялось в одно и то же время суток, на том же аппарате и тем же исследователем.

9. Необходимо измерить окружающую температуру и атмосферное давление, чтобы можно было привести измеряемые величины в соответствие

с системой BTPS (Body Temperature, Pressure, Saturated). Поскольку объемы газов зависят от давления и температуры, то фактические значения объемов, измеренные при комнатной температуре, должны быть приведены к их значениям, соответствующим внутрилегочным условиям (37°С и полное насыщение водяными парами), что и обеспечивает система BTPS.

10. Между тестами должны быть соответствующие промежутки времени. Необходимо отметить, что статические легочные объемы и газообмен могут изменяться при применении бронходилататоров, а исследование спокойного дыхания может быть нарушено в результате недавно проведенных тестов форсированного выдоха.

11. При проведении спирографических исследований использование носового зажима обязательно.

С учетом вышеизложенного начинать исследование следует с определения ЖЕЛ. Рекомендуется измерять ЖЕЛвд — максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть в легкие при проведении спокойного вдоха после полного выдоха. Непосредственно перед тестом пациенту нужно объяснить суть проводимого исследования. Далее пациент должен адаптироваться к носовому зажиму и затем с позиции максимального выдоха начать вдох со спокойной постоянной скоростью до полного наполнения легких воздухом. Кроме того, ЖЕЛ может быть измерена как ЖЕЛвыд или в 2 этапа (рис. 3).

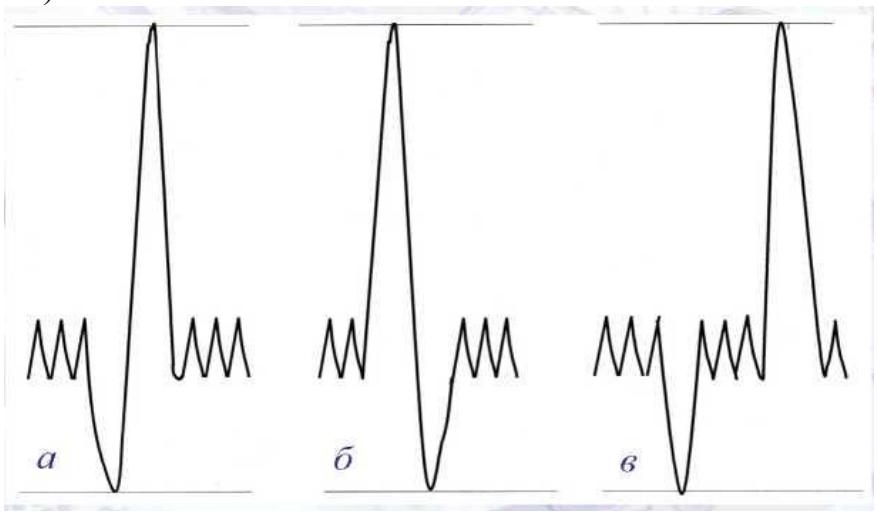

Рисунок 3 - ***Схематическое изображение спирограммы при определении ЖЕЛ вдоха (а), ЖЕЛ выдоха (б) и определение ЖЕЛ в 2 этапа (в)***

ЖЕЛвыд. — максимальный объем газа, который можно выдохнуть из легких во время спокойного выдоха после максимально полного вдоха. Этот маневр похож на глубокий вздох, выдох не должен ни усиливаться, ни сдерживаться. При определении ЖЕЛ в 2 этапа проводятся исследования РОвыд и РОвд как самостоятельные исследования. Такое определение ЖЕЛ целесообразно только у пациентов с тяжелой обструкцией дыхательных путей.

При любом методе измерения ЖЕЛ необходимо достичь не менее двух качественных маневров, с учетом критериев воспроизводимости. Берется большее значение ЖЕЛ. Не желательно проводить более 4 попыток.

Далее рекомендуется измерить ФЖЕЛ. Если пациент проходит исследование впервые, можно провести один-два маневра форсированного выдоха для тренировки. При ФЖЕЛ пациент должен дышать максимально полно: полностью вдохнуть, плотно охватить губами загубник и затем выдохнуть в датчик максимально быстро (форсированно) и полно до тех пор, пока весь объем воздуха не будет выдохнут, после чего сделать максимальный вдох до полного наполнения легких воздухом. При этом пациент не должен ни языком, ни зубами закрывать загубник. После этого маневр считается законченным, и испытуемый может вынуть загубник изо рта. Максимальное усилие должно поддерживаться на протяжении всего теста. В некоторых приборах предусмотрено, чтобы пациент взял в рот загубник и некоторое время спокойно дышал до начала пробы. По окончании исследования должна быть проведена качественная оценка результатов. При необходимости пациент может быть проинструктирован, как улучшить результат, используя графическое изображение результатов теста как руководство.

Критерием окончания максимального выдоха при выполнении пробы ФЖЕЛ является одно из условий: а) выдыхается менее 0,05 л за период в 2 с; б) длительность выдоха превышает 15 с; в) по клиническим причинам оператор вынужден прервать процедуру (в связи с ухудшением самочувствия пациента).

Следует наблюдать за пациентом в течение всего времени проведения теста, чтобы убедиться в правильном выполнении пробы, в том, что пациент правильно выдыхает и часть воздуха не проходит мимо загубника. Необходимо убедиться, что пациент делает максимально полный выдох. При этом пациентам с обструкцией дыхательных путей может потребоваться более 10 с, чтобы закончить пробу ФЖЕЛ. Надо помнить, что пациент с астмой может развить бронхоспазм в результате выполнения дыхательных маневров (на что указывает снижение значений $ОФВ_1$ при проведении следующих один за другим тестов). В таком случае следует прервать исследование.

Время форсированного выдоха (продолжительность максимального экспираторного усилия) должно быть не менее 6 с до достижения очевидного плато на кривой в координатах «объем-время». В ряде случаев, например, при исследовании детей, подростков и у пациентов с выраженными рестриктивными нарушениями вентиляции легких допускается меньшее время выдоха.

Для обеспечения достаточной воспроизводимости пациент должен выполнить не менее трех качественных тестов. При этом между повторными исследованиями должно пройти не менее 30 с, чтобы позволить пациенту, особенно с обструкцией дыхательных путей, восстановить дыхание. Пациенты не должны возобновлять исследование до полного восстановления

своего состояния. Между тем, во время проведения исследования почти всегда лаборант вынужден проводить более 3 попыток для достижения адекватного результата. Общее количество тестов не ограничивается, однако не рекомендуется проводить более 8 попыток. Если технически приемлемый результат не достигнут, например, пациент кашляет или не в состоянии выполнить маневр, причина должна быть отражена в заключении. При необходимости повторное исследование можно провести после длительного отдыха (не менее 30 мин) или отложить на другой день.

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Каждый тест должен быть оценен с точки зрения качества, затем всё исследование должно быть оценено с учетом воспроизводимости, то есть того диапазона, в пределах которого значения показателя закономерно колеблются при повторных, следующих непосредственно друг за другом измерениях у одного и того же обследуемого.

Прежде всего, лаборант должен оценить правильность проведенных тестов. Конечные результаты исследования должны включать максимальные достигнутые $ОФВ_1$ и ФЖЕЛ, полученные в результате не менее трех технически приемлемых попыток. При хорошей воспроизводимости исследования допускается выбор максимальных значений $ОФВ_1$ и ФЖЕЛ из разных маневров. Значения объемных скоростей ($МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$, $СОС_{2575}$, ПОСвыд) должны браться из одной кривой, которая отвечает критериям качества и обладает максимальной суммой ФЖЕЛ+$ОФВ_1$.

При проведении пробы ФЖЕЛ максимальное усилие должно поддерживаться на всем протяжении выполнения маневра. Исследование является неприемлемым в следующих случаях:

-утечка воздуха на уровне рта;

-перекрытие загубника языком, зубами или зубными протезами;

-плохо скоординированное начало выдоха, определяемое как обратно экстраполируемый объем более 5% ФЖЕЛ или 0,15 л (берется большее значение) (рис. 4).

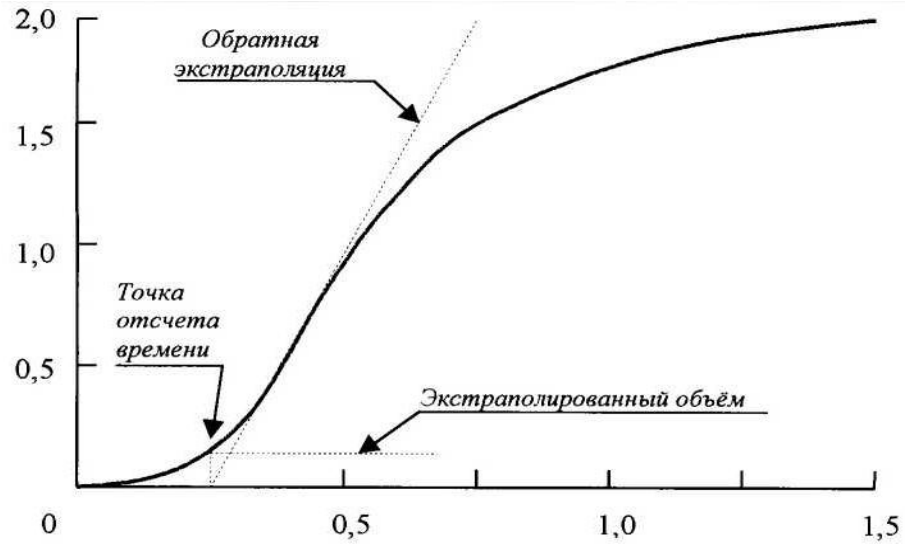

Рисунок 4 - ***Пример проведения обратной экстраполяции в начале пробы ФЖЕЛ. Наклон наиболее резко возрастающей части кривой экстраполирован обратно на ось времени***

Не все приборы имеют возможность проведения обратной экстраполяции. Когда спирограмма воспроизводится на постоянно движущейся ленте, особенно важно, когда это возможно, проводить обратную экстраполяцию с целью определения начала маневра, с которого будет отсчитываться ОФВ$_1$. При исследовании ПОСвыд обратная экстраполяция проводится по наклонной линии, отражающей пиковый поток, пока она не пересечет ось времени. Это пересечение и есть нулевая точка отсчета времени. Обратно экстраполируемый объем — тот объем, который выдохнут к точке этого отсчета (рис. 4).

Ориентировочно правильность выполнения маневра ФЖЕЛ можно проследить при регистрации соотношения «поток-объем» в процессе маневра (рис. 5).

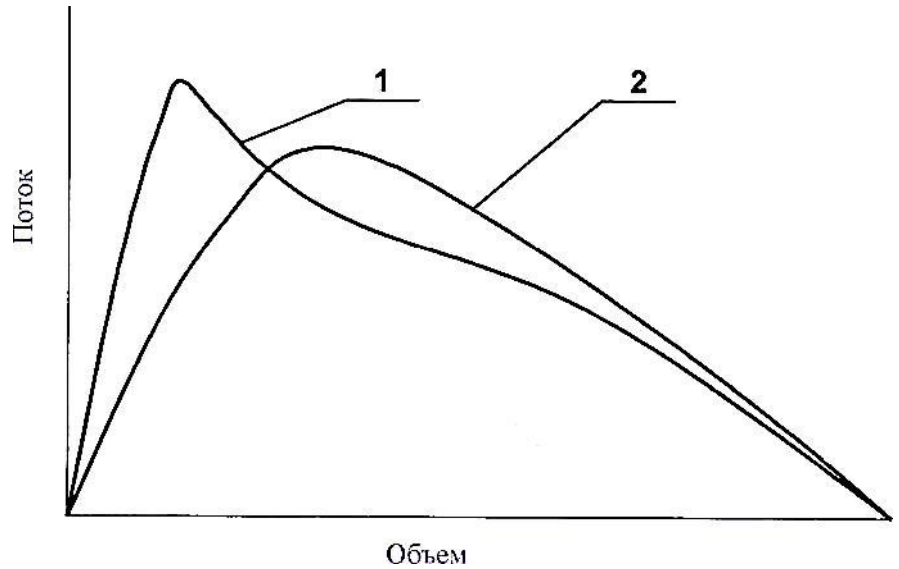

Рисунок 5 - Схематическое изображение кривой «поток-объем» при правильном выполнении теста (1) и при позднем развитии максимального усилия (2)

Так максимальный поток должен достигаться до выдоха 20% ФЖЕЛ, а затем по мере выполнения маневра поток прогрессивно уменьшается (кривая 1). Если усилие развивается не в начале маневра, а позже, то характерной треугольной формы записи не получается, а имеет место кривая, близкая к синусоиде (кривая 2). Несоблюдение правильного выполнения маневра приводит к тому, что происходит завышение потоков второй половины ФЖЕЛ.

Для того, чтобы значения $ОФВ_1$ ФЖЕЛ и ЖЕЛ были признаны приемлемыми, исследования должны проводиться технически правильно и выбранные объемы не должны отличаться более чем на 0,2 л.

Лучший тест рекомендуется выбирать по наибольшей сумме $ОФВ_1$+ФЖЕЛ.

Некоторые приборы распечатывают лучшую попытку как результирующую (огибающую) нескольких маневров, которая охватывает максимальные $ОФВ_1$ и ФЖЕЛ. В результате, если не выполняется критерий воспроизводимости, могут значительно искажаться значения максимальных потоков, и затрудняется качественный анализ кривой.

На рис. 6 представлены результаты пробы ФЖЕЛ в виде кривых в координатах «объем-время» и «поток-объем», являющиеся приемлемыми. При проведении исследования пациент продемонстрировал максимальное усилие, выдыхая не менее 6с с наличием плато в течение более 1с на кривой «объем-время». Нужно подчеркнуть, что на кривой «поток-объем» гораздо труднее определить приемлемое плато при усилии пациента, чем на кривой «объем-время».

Приемлемая спирограмма

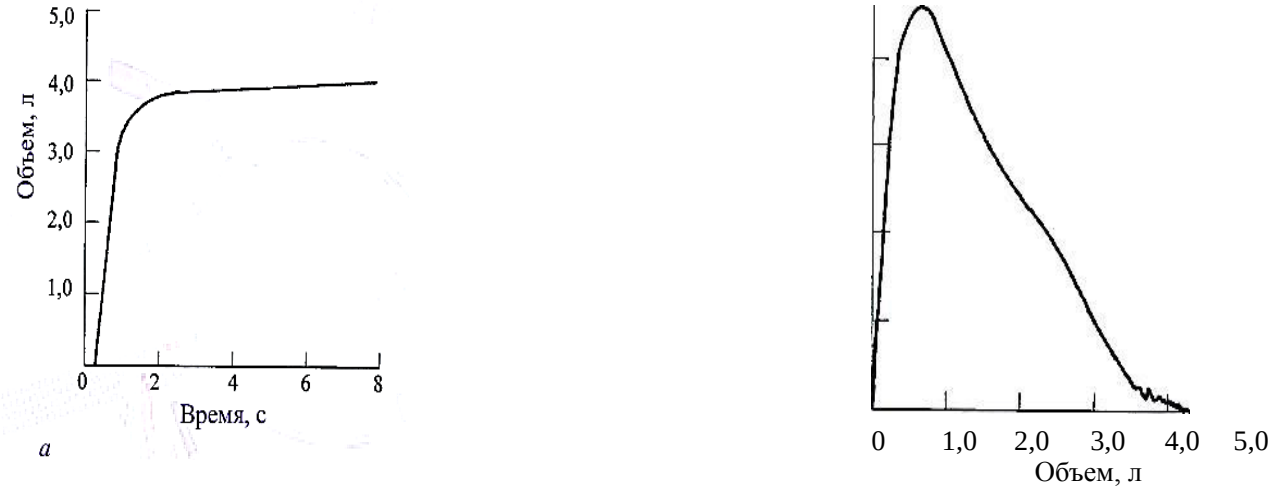

Рисунок 6 - Спирографическое (а) и пневмотахографическое (кривая «поток-объем») (б) исследования при правильном выполнении теста ФЖЕЛ

Кривые на рис. 7 иллюстрируют неприемлемый тест ФЖЕЛ из-за кашля, возникшего в первую секунду выдоха. Заметим, что кашель, который происходит на уровне примерно 3-3,5 л, очень влияет на значение кривой «поток-объем», но его сложно определить при оценке кривой «объем-время».

Отклонения, регистрируемые на кривой «объем-время», примерно на уровне 5-5,5 л происходят после первых секунд выдоха и могут быть обусловлены легким покашливанием или вариабельностью усилий. Несмотря на то, что разность значений потока, наблюдаемая на кривой «поток-объем» на рис. 7б относительно велика, это не должно значительно отразиться на величине ОФВ$_1$. Таким образом, ОФВ$_1$ из этой пробы может быть диагностически значимым, особенно если результаты других проб являются неприемлемыми.

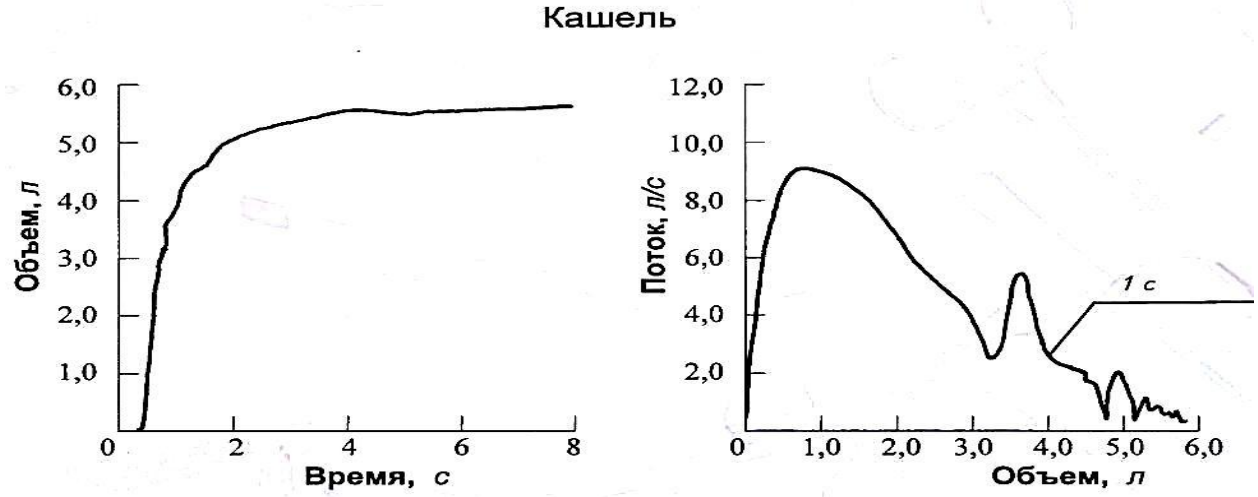

Рисунок 7 - Спирографическое (а) и пневмотахографическое (кривая «поток-объем») (б) исследования при развитии у пациента кашля во время проведения теста ФЖЕЛ

На рис. 8 представлены неприемлемые результаты пробы ФЖЕЛ, из-за вариабельности усилий или кашля во время первой секунды выдоха и раннего прерывания маневра.

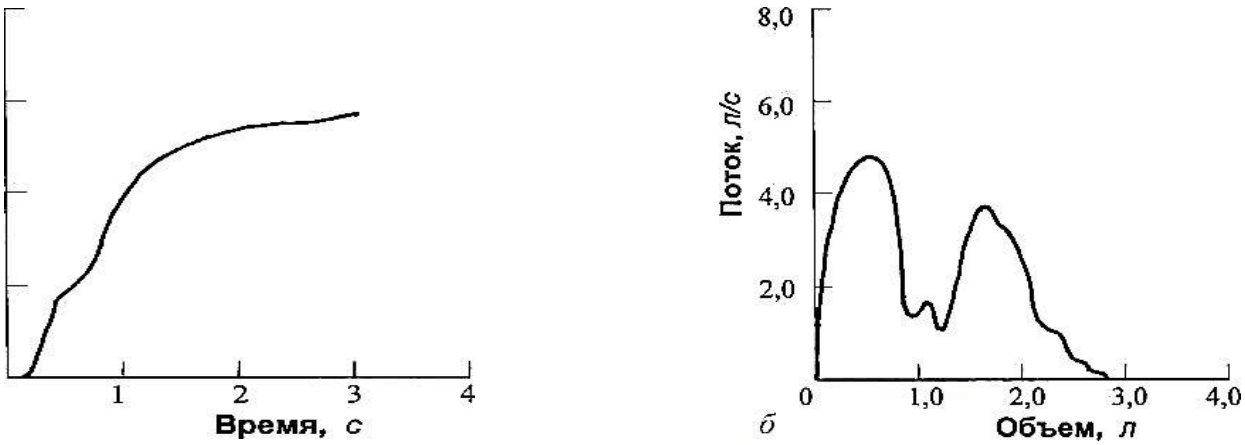

Рисунок 8 - Неприемлемые спирографическое (а) и пневмотахографическое (кривая «поток-объем») (б) исследования из-за вариабельности усилий или развития кашля и раннего прекращения маневра при выполнении теста ФЖЕЛ

Продолжительность нарушения и факт, что поток, немедленно следующий за этим отклонением, не продолжает петлю «поток-объем», предполагают, что это отклонение является результатом вариации усилия

при выполнении пробы, а не кашля. Раннее прекращение выдоха менее заметно на кривой «поток-объем». Однако на кривой «объем - время» явно видно, что пациент не смог выдохнуть в течение 6с и нет плато в течение 1с на кривой «объем-время».

На рис. 9 представлены неприемлемые результаты исследования ФЖЕЛ из-за раннего прекращения выдоха в конце маневра, возможно, в результате закрытия голосовой щели. Заметим, что на рис. 9а кривая «объем-время» прекращает свое нарастание примерно на 2,2 с, когда объем остается постоянным до конца выполнения маневра, а на рис. 9б кривая «поток-объем» демонстрирует резкое снижение потока в конце выполнения маневра.

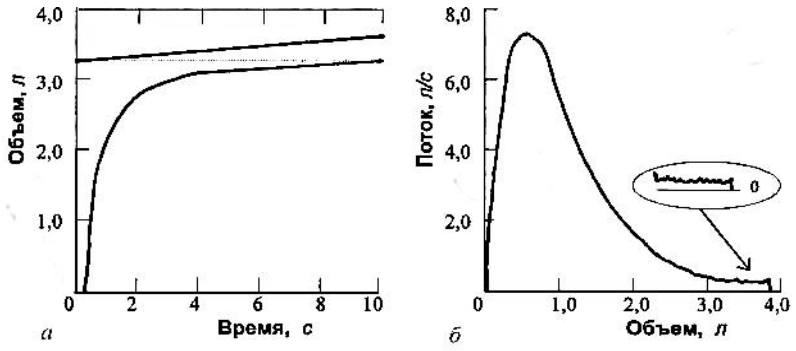

Рисунок 9 - Неприемлемые спирографическое (а) и пневмотахографическое (кривая «поток-объем») (б) исследования из-за раннего прекращения выдоха при выполнении теста ФЖЕЛ

Рис. 10 иллюстрирует неприемлемые результаты исследования из-за погрешности в самом спирометре. Эта погрешность составляет примерно 50 мл/с и примерно 300 мл объема теряется в течение 6 с выдоха у данного пациента. Заметим, что эта ошибка совершенно очевидна на кривой «объем-время» и, возможно, менее заметна на кривой «поток-объем». В конце маневра, когда погрешность наиболее очевидна, поток принимает отрицательное значение, и объем снижается (график опускается ниже нулевой линии).

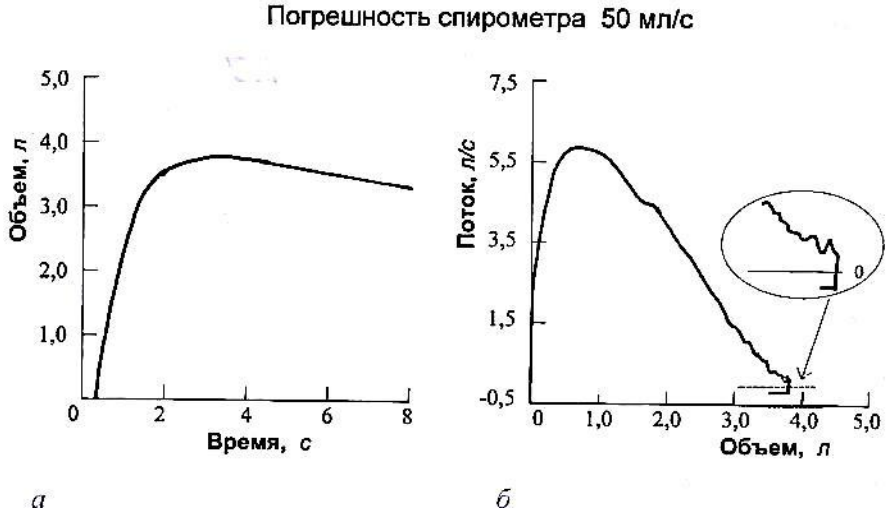

Рисунок 10 - Неприемлемые спирографическое (а) и пневмотахографическое (кривая «поток-объем») (б) исследования из-за погрешности спирографа

Рисунок 11 показывает результаты приемлемого исследования у пациента с легкой обструкцией дыхательных путей ($ОФВ_1$ /ФЖЕЛ% = 67%). Отметим относительно малое изменение потока после 10-й секунды выдоха (рис. 11а) и относительно низкий поток в конце маневра (рис 11б).

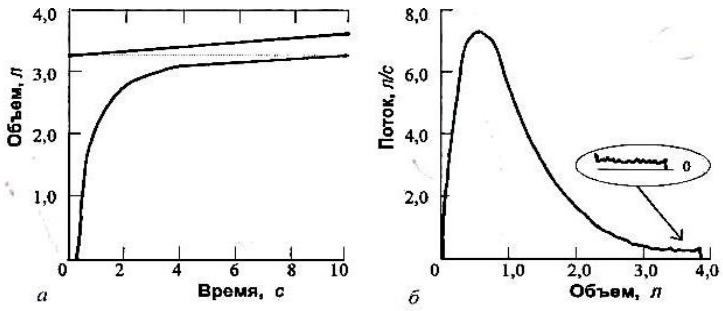

Рисунок 11 – Качественные спирографическое (а) и пневмотахографическое (б) исследования ФЖЕЛ у пациента с обструктивными нарушениями легкой степени

После того, как проведено три качественных измерения, необходимо оценить их с учетом критерия воспроизводимости. *Воспроизводимость — это тот диапазон, в пределах которого значения показателя закономерно колеблются при повторных, следующих непосредственно друг за другом измерениях у одного и того же обследуемого (Приложение 2).* Получение хорошей воспроизводимости для ФЖЕЛ и $ОФВ_1$ должно рассматриваться как цель исследования. На рисунке 12 приведен пример исследования ФЖЕЛ в координатах «объем-время» (рис. 12а) и «поток-объем» (рис. 12б) у здоровой женщины 22 лет.

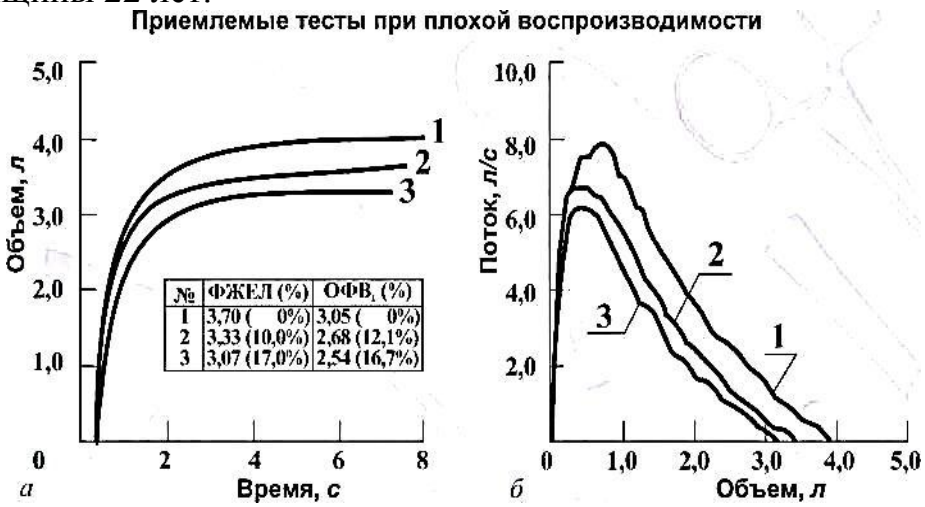

Рисунок 12 - Результаты исследования ФЖЕЛ у здоровой женщины 22 лет: спирографическое (а) и пневмотахографическое (кривая «поток-объем») (б) исследования демонстрируют плохую воспроизводимость при качественных отдельных тестах

В результате 3 тестов значение минимального критерия воспроизводимости не было достигнуто ни для $ОФВ_1$, ни для ФЖЕЛ, несмотря на то, что все три маневра являются приемлемыми. Результаты ФЖЕЛ отличаются на 0,43л (10%), а $ОФВ_1$ — на 0,37л (12,1%). Таким

образом, требуется выполнить по крайней мере одно дополнительное исследование для соблюдения критериев воспроизводимости ФЖЕЛ и $ОФВ_1$. Наиболее вероятной причиной такого соотношения (плохая воспроизводимость при хороших отдельных результатах исследований) является недостижение максимального вдоха при выполнении маневра ФЖЕЛ.

Рисунок 13 иллюстрирует хорошее по воспроизводимости исследование с тремя приемлемыми тестами ФЖЕЛ.

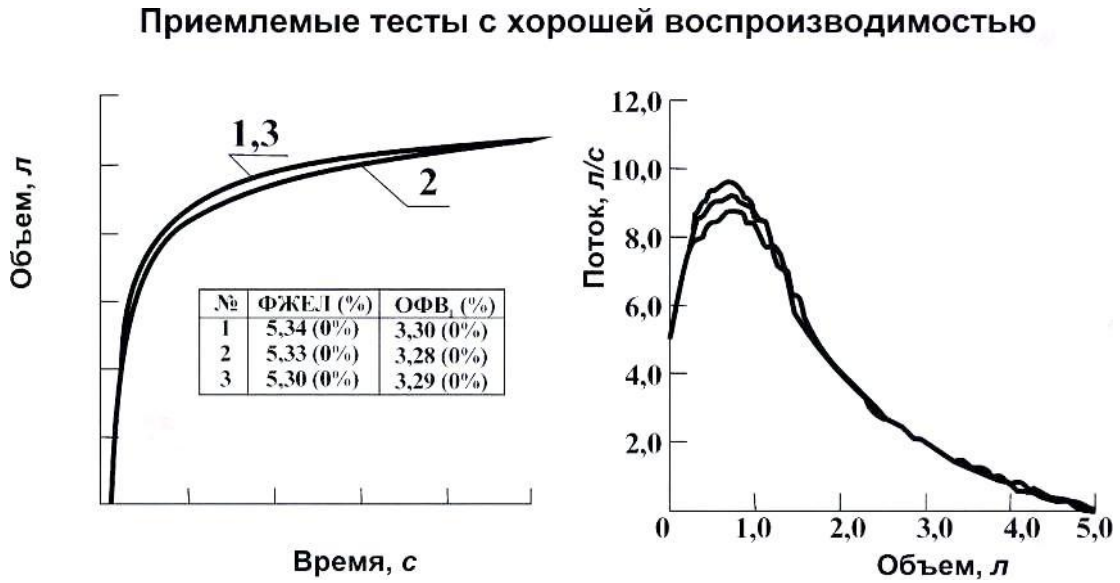

Рисунок 13 - Результаты спирометрического (а) и пневмотахометрического (кривая «поток-объем») (б) исследований ФЖЕЛ у пациента 80 лет

Исследование проведено у 80-летнего мужчины с соотношением $ОФВ_1$/ФЖЕЛ = 61,7%. Соответственно представлены кривые «объем-время» и «поток-объем». Необходимо отметить высокую воспроизводимость, даже несмотря на то, что пациенту потребовалось примерно 20 с, чтобы полностью выдохнуть.

На рисунке 14 приведен пример пробы ЖЕЛ для здорового человека.

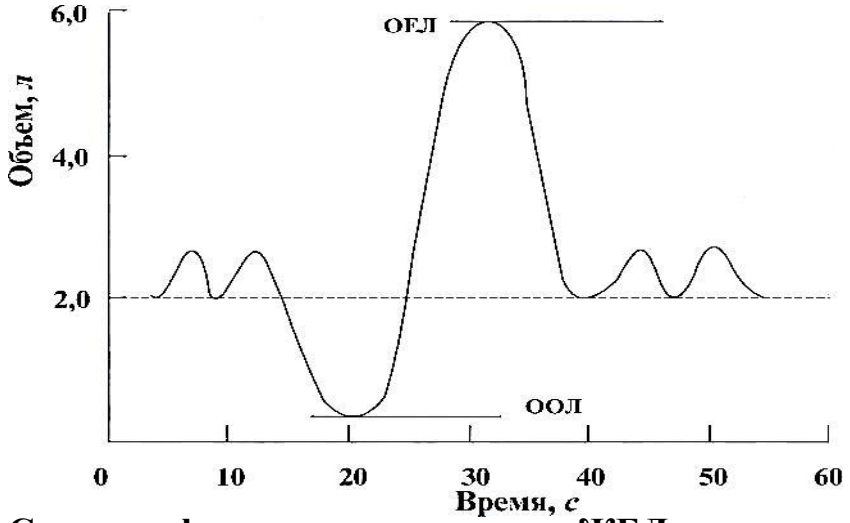

Рисунок 14 - Спирографическое исследование ЖЕЛ вдоха здорового человека

В начале исследования зарегистрировано несколько спокойных дыхательных циклов. Затем исследуемый полностью выдохнул воздух до достижения ООЛ и медленно вдохнул до уровня ОЕЛ. При проведении такого исследования необходимо быть уверенным, что пациент действительно выдыхает до ООЛ и вдыхает до ОЕЛ. Заметим, что плато на уровне ООЛ и ОЕЛ показывают, что пациент полностью вдохнул и выдохнул.

На рисунке 15 показан пример исследования ЖЕЛ у пациента с тяжелой обструкцией дыхательных путей.

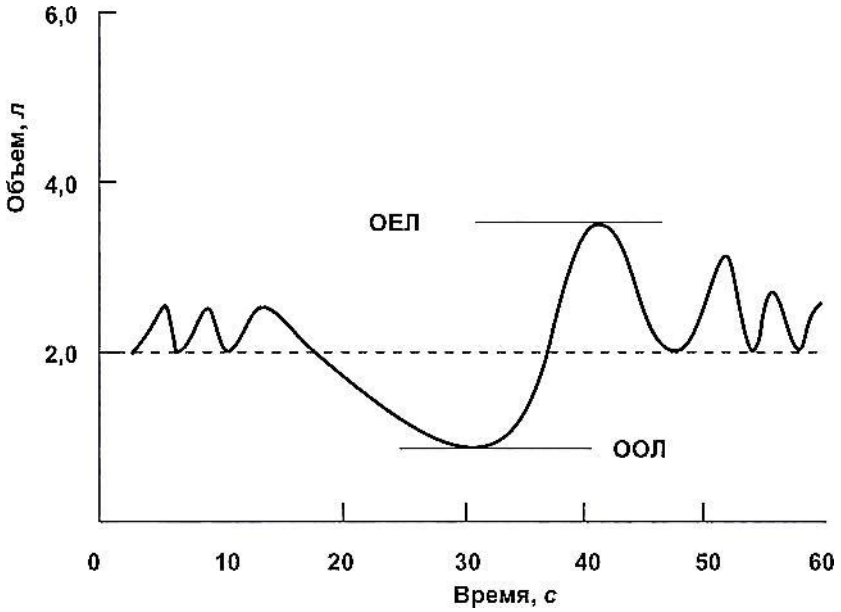

Рисунок 15 - Результаты спирометрического исследования ЖЕЛ у пациента с тяжелой обструкцией дыхательных путей

Процедура проведения теста у данного пациента аналогична вышеописанной. Однако ЧД при регистрации его в режиме спокойного дыхания у этого пациента с тяжелой обструкцией значительно выше и пациенту потребовалось более длительное время для выдоха до достижения ОЕЛ (25 с). Примечательно, что, как и на рис.14, регистрируется плато на кривой «объем-время» на уровне ООЛ и ОЕЛ. Это показывает, что пациент полностью выдохнул и вдохнул. Отметим также, что у пациента регистрируется трудность в стабилизации нормального дыхания после проведения маневра ЖЕЛ, возможно из-за гипервентиляции.

Таким образом, прежде всего спирограмма должна быть оценена по критерию качества и только потом по критерию воспроизводимости. Без качественной оценки исследования за лучший тест можно ошибочно принять медленный выдох, так как он чаще всего будет характеризоваться наибольшей суммой ФЖЕЛ+ОФВ$_1$, особенно при наличии нарушения бронхиальной проходимости.

Необходимо иметь в виду, что только качественное исследование с хорошей воспроизводимостью тестов действительно отражает состояние вентиляции легких пациента. Тем не менее, если в ходе исследования

получено более 2 качественных тестов, но не достигнута приемлемая воспроизводимость результатов, такое исследование считается допустимым, однако рекомендуется отметить в заключении невыполнение критерия воспроизводимости.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СПИРОМЕТРИЧЕСКИХ И ПНЕВМОТАХОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка полученных результатов спирографических и пневмотахографических исследований должна проводиться в несколько этапов. На первом этапе проводится анализ количественных показателей и их отклонения от должных значений, на втором - анализируются качественные изменения – какие именно показатели и в каком сочетании подверглись изменениям.

Интерпретация результатов исследования ФВД строится на основе сравнения полученных при исследовании величин с должными [1, 2, 3, 4]. Должные величины (ДВ) — это средние значения показателей, которые должны были бы быть у данного человека при отсутствии у него поражения органов дыхания и стажа курения. При этом учитывается возраст, пол человека, его рост, расовая принадлежность. В меньшей степени учитывается вес человека. ДВ рассчитываются на основании обследования больших групп практически здоровых людей. В Республике Беларусь при обследовании взрослых людей до настоящего времени наиболее часто используются должные величины по Р.Ф. Клементу [5].

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СПИРОМЕТРИЧЕСКИХ И ПНЕВМОТАХОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО Р. Ф. КЛЕМЕНТУ

Формула расчета ДВ в системе Р. Ф. Клемента является уравнением линейной регрессии:

ДВ = k1 × Рост (см) + k2 × Возраст (лет) + k3, где k1, k2, k3 — коэффициенты, полученные на основании популяционных исследований и регрессионного анализа для каждого параметра ФВД, с учетом пола, роста и возраста пациента. Большинство параметров ФВД растет в среднем до 20–25 лет, а затем плавно снижается, что отражается в знаке коэффициента k2: положительное значение до 20–25 лет и отрицательное значение старше этого возраста. Таким образом, по Р. Ф. Клементу в зависимости от возраста рассматриваются два основных диапазона ДВ: 18–25 лет и 25–70 лет.

На практике используется градация нарушения функции дыхания в виде процентного соотношения найденных параметров к ДВ. Современные рекомендации по интерпретации данных представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Характерные изменения легочной функции при рестриктивных и обструктивных нарушениях различной тяжести

Показатель	**Рестрикция**				
	Норма	**Легкие**	**Умеренные**	**Тяжелые**	**Крайне тяжелые**
ЖЕЛ %	>80	60-80	50-60	30-50	<35
ОФВ/ЖЕЛ%	>75	>75	>75	>75	>75
мвл %	>80	>80	>80	60-80	<60
ООЛ %	80-120	80-120	70-80	60- 70	<60
ДЛсо*	N	-Н	-П	-	-
РаО	N	N	-Н	-	-
$РаСО_2$	N	N	±	±	±
Одышка (тяжесть)	0	+	++	+++	++++
	Обструкция				
ЖЕЛ %	>80	> 80	> 80	↓	↓↓
ОФВ./ЖЕЛ %	>75	60-75	40-60	< 40	<40
$ОФВ_1$ %	>80	70-79	50- 69	36-50	<35
МВЛ %	>80	65-80	45-65	30-45	<30
ООЛ %	80-120	120-150	150-175	>200	>200
ДЛсо*	N	N	N	-	-
$РаО_2$	N	-Н	↓	-	-
$РаСО_2$	N	N	N	+Н	+П
Одышка (тяжесть)	0	+	++	+++	++++

Примечания: N - норма, П - в покое, Н - при нагрузке, - уменьшение, +увеличение; ДЛсо - характеризует газообмен через альвеолокапиллярную мембрану и определяется как скорость переноса вещества через мембрану при градиенте парциального давления газа на мембране 1мм рт. ст.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СПИРОМЕТРИЧЕСКИХ И ПНЕВМОТАХОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО GLI

В последние годы внедряются ДВ по Global lung function initiative 2012г. (GLI–2012) [8]. В нашей стране GLI не нашла еще широкого распространения. В системах оценки результатов исследования ФВД по Р.Ф. Клементу и GLI есть различия, которые заключаются в следующем.

1. Различия в аналитическом представлении значения ДВ для конкретного субъекта.

В системе GLI применяется более сложная формула: ДВ = ea × Ha × Aa × ea × group × espline, где e — основание натурального логарифма; H — рост (см); A — возраст (в годах); a, b, c, d — коэффициенты, разные для разных

этнических групп; group — этническая группа (поправочная величина, принимаемая за 1 у лиц европеоидной расы, 0 — у других рас), spline — поправка для наилучшего сглаживания кривой в зависимости от возраста. Данная формула оптимально отражает возрастную динамику показателей ФВД и не имеет «смены знака» в возрасте 20–25 лет.

2. Различия по возрастному диапазону и этнических группам.

По сравнению с системой Р.Ф. Клемент, в системе GLI для оценки результатов исследования используется более широкий возрастной диапазон не только для европеоидной популяции, но и для афроамериканцев, представителей северо-восточной и юго-восточной Азии.

3. Набор параметров рассчитываемых значений ДВ.

В большинстве систем это: ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ1, ОФВ1 /ЖЕЛ и/или ОФВ1 / ФЖЕЛ, ПОС, МОС25,50,75, СОС25–75. В системе GLI пока предлагается расчет должных ФЖЕЛ, ОФВ1, ОФВ /ФЖЕЛ, СОС25-75, МОС75, а также ОФВ1 0,75 и ОФВ1 0,75/ФЖЕЛ. Последние два используется в педиатрической практике.

4. Принцип сравнения измеренных показателей с должными.

В системе Р.Ф. Клемент предлагается оценивать процент отклонения измеренной величины от должной. В системе GLI проводится оценка показателя по отношению к диапазону нормы, который представляет собой значения, находящиеся между нижней (X – 1,645 σ) и верхней (X + 1,645 σ) границами нормы. В этот диапазон попадает 90 % всех измеренных величин у здоровых лиц данного возраста, роста, пола и этнический группы.

Степени отклонения измеренного показателя и соответствие его диапазону нормы предложено оценивать по показателю z-score (нормированный показатель, z-оценка): x= (x-X)/ σ, где x — результат конкретного измерения, X — соответствующая ДВ, а σ — среднеквадратическое отклонение, полученное при разработке системы GLI для измерений у лиц с таким же набором исходных данных, как и обследуемое лицо. Тогда степени отклонения показателей от должных оцениваются по величине z (таблица 2).

Таблица 2 Ориентировочные градации отклонения спирометрических показателей в сторону снижения по шкале z [11]

Степень	Градация	Значение z
Норма		± 1,645
Легкие	1	-1,645 – -2,0
Умеренные	2	-2,0 – -2,5
Средней выраженности	3	-2,5 – -3,0
Выраженные	4	-3,0 – -4,0
Резко выраженные	5	< -4,0

В современных спирометрах используются формулы для расчета должных по всем представленным системам, часто и по другим, менее распространенным. Если не представлены должные по системе GLI, то они

могут быть рассчитаны вручную с помощью калькулятора (см. на сайте: http://gligastransfer. org.au/calcs/spiro.html).

По данным ряда исследователей (Должные величины при исследовании функции внешнего дыхания. Разные должные — разные заключения? П. В. Стручков, Л. Д. Кирюхина, Д. В. Дроздов, С. П. Щелыкалина, И. А. Маничев), расчетные значения ДВ для ОФВ1 по Р. Ф. Клементу и GLI статистически значимо различались ($p<0,05$). За счет более высоких значений должных величин ФЖЕЛ и ОФВ1 в системе GLI оказалась более «жесткие» требования к трактовке результатов исследования как «нормальные значения».

Система GLI–2012 дает диапазон значений нормы для многих показателей ФВД, например, для молодых людей по Р.Ф. Клементу уровень ОФВ1/ФЖЕЛ составляет 75–95 %, а для лиц старше 60 лет — 66–90%. Однако, известно, что значения верхней и нижней границ этого «коридора» индивидуальны, поэтому оценка степени отклонений показателя ОФВ1 /ФЖЕЛ по системе GLI представляется более объективной.

Следует также иметь в виду отсутствие оценки показателя ЖЕЛ в системе GLI–2012. Поэтому наличие обструкции по этой системе строится на анализе снижения только ОФВ1/ФЖЕЛ, что не всегда приемлемо для дифференциальной диагностики обструктивных и рестриктивных нарушений[1, 2, 3, 4].

Таким образом, интерпретация спирометрических показателей с использованием ДВ по Р. Ф. Клементу и по GLI–2012 могут приводить к разной интерпретации результатов исследования, что может привести к разным клиническим заключениям. Следовательно, в настоящее время при описании спирометрического исследования необходимо указывать систему должных величин, на основании которой строится заключение. Использование разных систем должных величин в разное время у одного пациента может привести к демонстрации ложной динамики состояния функции вентиляции.

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

На втором этапе необходимо провести качественную оценку нарушений, другими словами, оценить, какой тип нарушений функции дыхания преобладает. Ориентировочное спирографическое заключение можно построить с использованием следующего алгоритма (рис. 16).

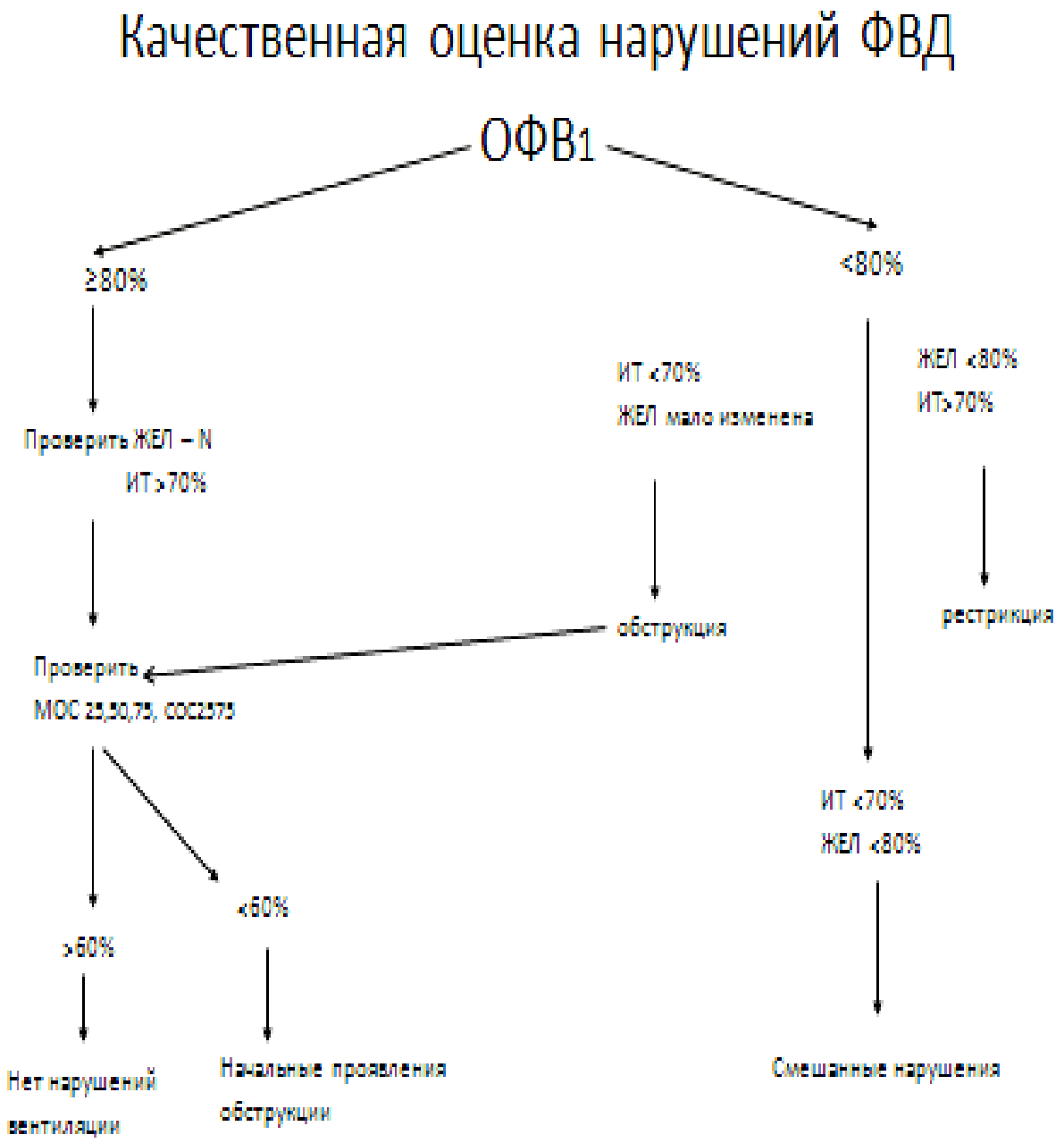

Рисунок 16 – Алгоритм качественной оценки спирограммы

На рис. 17 схематически представлены изменения кривой «поток-объем», показателей ООЛ и ОЕЛ при обструктивных (а) и рестриктивных (б) нарушениях по сравнению с нормой (в).

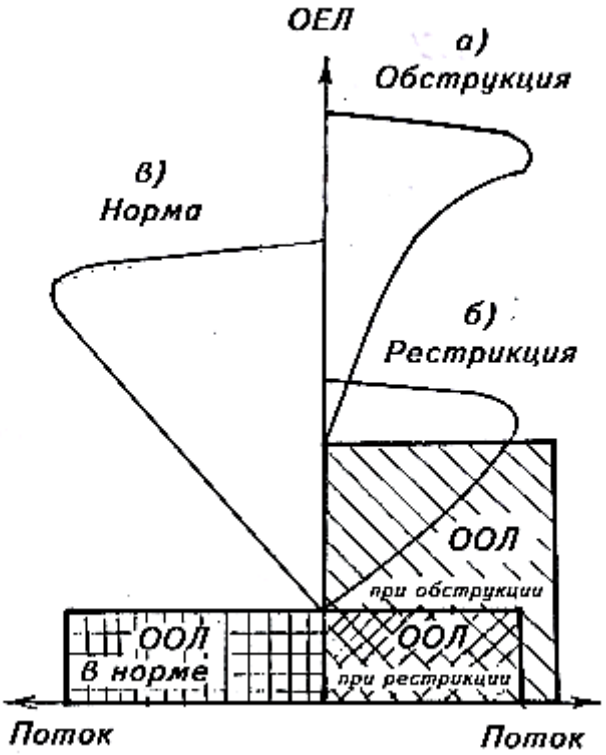

Рисунок 17- Схематическое изображение кривой «поток-объем», показателей ООЛ и ОЕЛ при обструктивных (а) и рестриктивных (б) нарушениях по сравнению с нормой (в)

Обструктивный тип нарушений характеризуется затруднением выдоха, когда просвет воздухопроводящих путей на выдохе меньше, чем на вдохе. При этом значения $ОФВ_1$ и $СОС_{2575}$ уменьшаются. ЖЕЛ долгое время остается нормальной, однако при тяжелых обструктивных процессах она всегда снижена. При этом ОЕЛ может не изменяться (происходит снижение ЖЕЛ и увеличение ООЛ) или увеличивается за счет ООЛ. Индекс Тиффно (ИТ) уменьшен, особенно в период нормального значения ЖЕЛ.

Рестриктивный тип нарушений характеризуется снижением ОЕЛ и примерно пропорциональным уменьшением всех составляющих ее объемов. Поэтому обычно при спирографии, если не определен ООЛ, о рестриктивном синдроме можно судить по уменьшению ЖЕЛ и пропорциональном уменьшении ее составляющих: РОвыд, РОвд, Евд. Визуально спирограмма воспринимается как уменьшенная копия нормальной. Если нет резкого снижения ЖЕЛ, то $ОФВ_1$ может оставаться на уровне нормальных значений. ИТ при рестрикции в норме или выше нормы. Значения ПОС и $СОС_{2575}$ также остаются нормальными или изменяются незначительно.

Довольно часто встречается смешанный тип нарушений вентиляционной функции легких. Его спирографические проявления полностью идентичны таковым при обструктивном варианте нарушений со сниженной ЖЕЛ. Диагностика этого типа нарушения проводится на основе анализа структуры ОЕЛ, когда признаки обструкции сочетаются с уменьшением ООЛ и ОЕЛ. Снижения ЖЕЛ недостаточно для заключения о

наличии ограничения расправления легкого, т. к. этот показатель может уменьшаться вследствие обструкции дыхательных путей при отсутствии каких-либо ограничительных факторов.

Далее необходимо оценить значения максимальных объемных скоростей на разных уровнях выдоха ФЖЕЛ. В случаях, когда значения ФЖЕЛ, ЖЕЛ, $ОФВ_1$, $ОФВ_1$ /ЖЕЛ находятся в пределах нормы, изменение этих показателей позволяет диагностировать начальные проявления обструкции.

На третьем этапе нужно оценить характер изменения кривой «поток-объем». Однако необходимо заметить, что проведение дифференциальной диагностики различных нарушений на основе единственной кривой «поток-объем» не является строго достоверным, так как нет данных о величинах давлений на высоте усилия, динамике бронхиального сопротивления.

В норме кривая может иметь вариации, незначительно отличающиеся друг от друга, что обусловлено различиями упругих свойств крупных дыхательных путей (рис. 18). При этом лица с более узкими и более жесткими крупными дыхательными путями имеют более низкие значения ПОС и более высокие $МОС_{50}$ (рис. 18а, б), по сравнению с теми, у которых бронхи более податливы (рис. 18в, г).

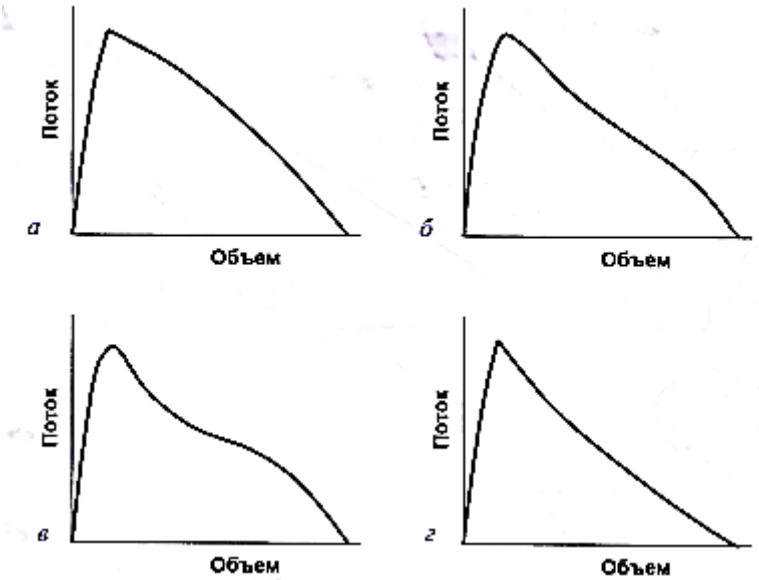

Рисунок 18 - Схематическое изображение вариантов нормы кривой «поток-объем».

При выявлении обструктивных нарушений прежде всего необходимо оценить ее локализацию - связана ли обструкция с поражением проксимальных, средних или дистальных дыхательных путей. Для исключения поражения верхних дыхательных путей следует провести пневмотахометрическое исследование форсированного вдоха и оценить показатели и форму графика по отношению к показателям кривой «поток-объем» форсированного выдоха. Кривая форсированного вдоха менее постоянна по форме, но у большинства здоровых лиц она напоминает овал. При этом $МОС_{50}$ вдоха превышает $МОС_{50}$ выдоха. Характер патологического

процесса предопределяет зависимость обструктивных нарушений от фазы дыхания (вдох, выдох). При стабильной обструкции степень выраженности нарушений не изменяется с фазой дыхания и не зависит от локализации повреждения: экстраторакальное расположение процесса дает такую же картину, как и интраторакальное. При стабильной обструкции снижаются пиковые показатели объемной скорости, как выдоха, так и вдоха, и формируется плато на кривых и выдоха, и вдоха (рис. 19).

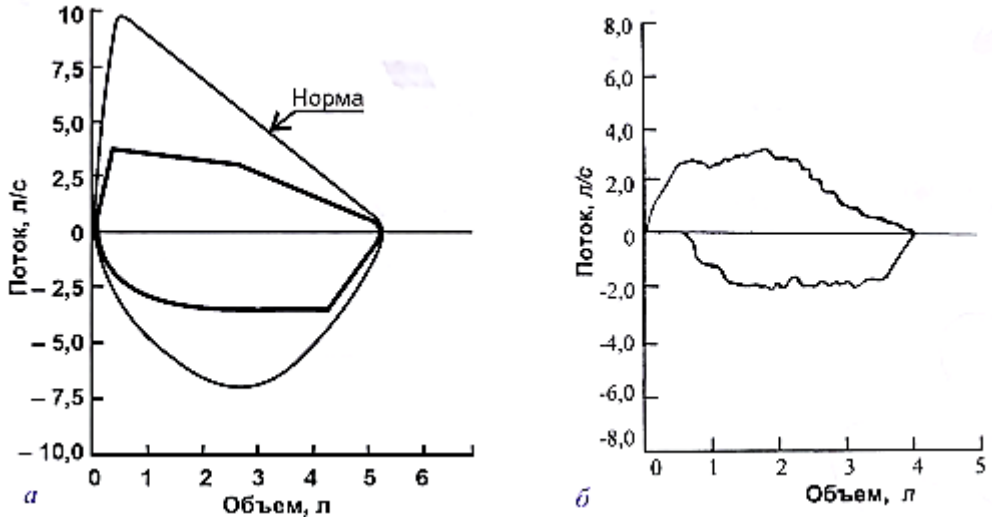

Рисунок 19 - Стабильная обструкция крупных дыхательных путей: а) схематическое изображение кривой «поток-объем», б) результаты пневмотахометрического исследования у пациента со стриктурой трахеи

В случае лабильной обструкции при локализации патологического процесса экстраторакально степень выраженности обструктивных нарушений увеличивается на вдохе. Следовательно, изменяется кривая вдоха, а на выдохе сохраняет треугольную форму (рис. 20).

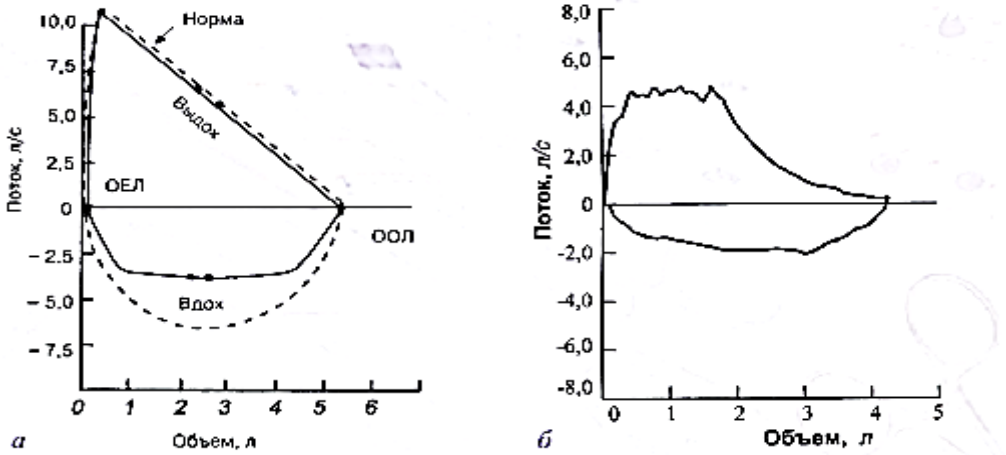

Рисунок 20 – Кривая «поток – объем» при лабильной экстраторакальной обструкции: а) схематическое изображение кривой *«поток-объем», б) результаты пневмотахометрического исследования у пациента с зобом: регистрируется декапитация экспираторной части кривой с более значительным инспираторным нарушением из-за резкого уменьшения просвета трахеи на вдохе*

Однако следует помнить, что соответствующая вдоху часть кривой «поток-объем» может уплощаться в случаях, когда легкие ригидно поражены при рестриктивных вентиляционных дефектах, при мышечной слабости и плевральной боли, затрудняющей вдох. Особенную ценность в таких случаях приобретает рассмотрение кривой «поток-объем» в сопоставлении с абсолютным легочным объемом, определенным с помощью плетизмографа или другими методами.

Внутриторакальная обструкция характеризуется обратным соотношением: плато прослеживается на выдохе, кривая вдоха менее изменена (рис. 21).

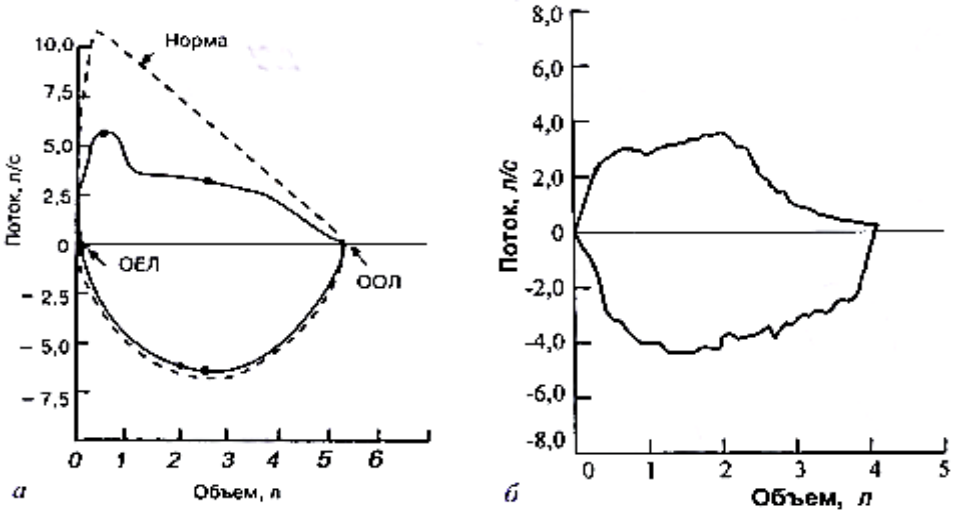

Рисунок 21 - Кривая «поток-объем» при лабильной интраторакальной обструкции крупных дыхательных путей: а) схематическое изображение кривой «поток-объем», б) результаты пневмотахометрического исследования у пациента с загрудинным зобом

Для обструкции преимущественно центральных дыхательных путей характерно резкое снижение объемной скорости форсированного выдоха в начальной части нисходящей ветви кривой «поток-объем». При этом ПОС и $МОС_{25}$ снижены больше, чем $МОС_{50}$ и $МОС_{75}$.

При генерализованной обструкции кривая «поток-объем» имеет также характерный вид (рис. 22).

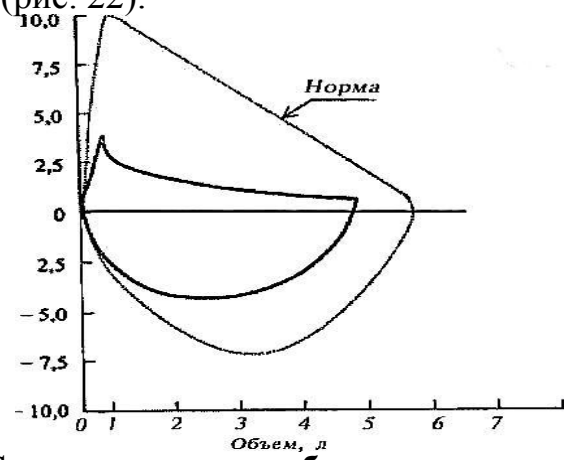

Рисунок 22 - Схематическое изображение кривой «поток-объем» при генерализованной обструкции

При дистальной локализации обструктивных изменений выделяют два варианта формы кривой: бронхитический и эмфизематозный (рис.23).

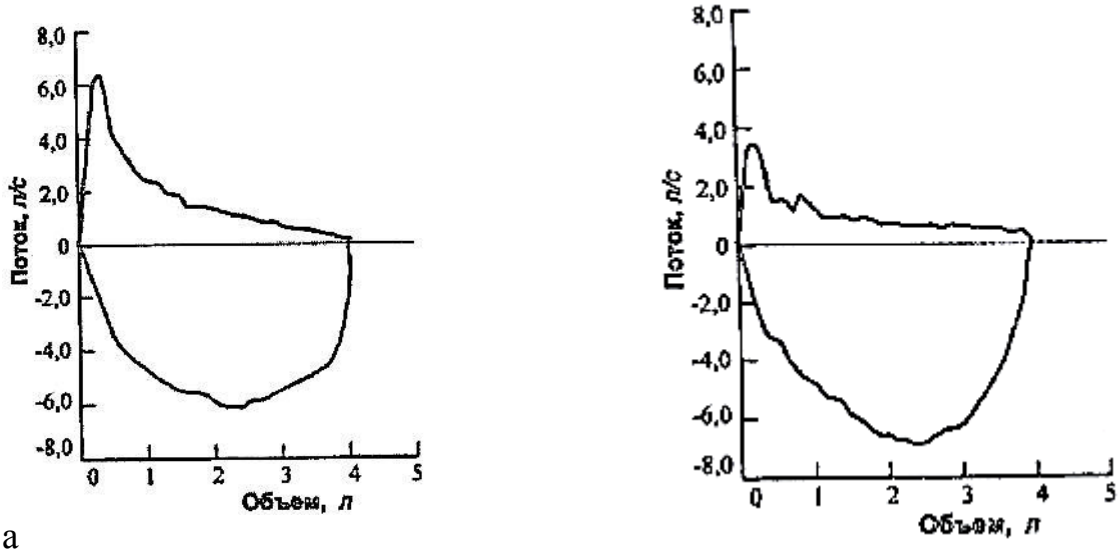

Рисунок 23 - ***Кривая «поток-объем» при: а). бронхитическом типе генерализованной обструкции, б). эмфизематозном типе генерализованной обструкции***

При бронхитическом типе обструкции сохраняется быстрый линейный подъем кривой, однако ПОС не достигает нормальных величин, а нисходящая ее часть образует дугу, вогнутую к оси объема за счет значительного снижения потоковых показателей (рис. 23а).

Особенностью кривой при эмфизематозном типе генерализованной обструкции является резкий провал сразу после достижения пика (который в большинстве случаев тоже снижен) с последующим плавным снижением. При этом возрастает различие между ПОС и $МОС_{25}$, а значения $МОС_{50}$ и $МОС_{75}$ снижены пропорционально степени обструктивных нарушений (рис. 23б).

При рестриктивной патологии кривая «поток-объем» сохраняет близкую к нормальной треугольную форму, но меньшую по площади (рис. 24).

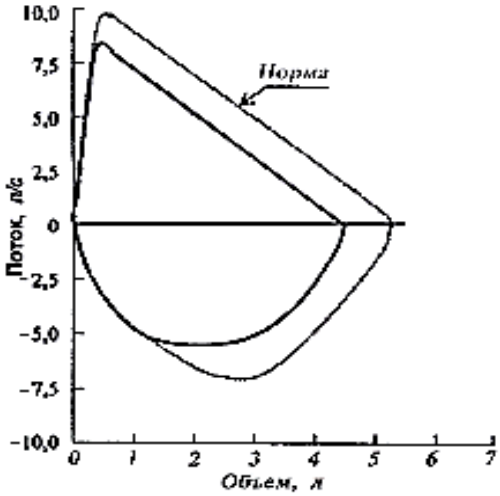

Рисунок 24 - Схематическое изображение кривой «поток-объем» при рестрикции

При рестриктивных нарушениях на фоне нормальных показателях ИТ, ЖЕЛ, $ОФВ_1$ могут быть снижены потоки второй половины выдоха. Показатели $МОС_{25}$ отражают преимущественно нарушения в крупных бронхах, а $МОС_{75}$ — преимущественно в бронхах мелкого калибра. Однако нарушения на уровне потоков конца выдоха могут быть обусловлены и снижением эластичности крупных бронхов, поэтому правильнее при изменении потоков второй половины говорить о начальных нарушениях бронхиальной проходимости.

При проведении спирометрического исследования необходимо следить за качеством выполнения исследования, однако иногда правильное выполнение не достигается. В этом случае необходимо отметить это в заключении, а запись кривой сохранить, так как она может содержать полезную информацию.

БРОНХОДИЛАТАЦИОННЫЙ ТЕСТ

При выявлении обструктивных нарушений необходимо:

1. **Определить локализацию нарушений (крупные, средние или мелкие дыхательные пути)**
2. **Определить обратимость обструкции**

<u>В противном случае, исследование нельзя считать оконченным!</u>

Для оценки обратимости обструкции дыхательных путей используется фармакологический бронходилатационный тест, в основе которого лежит оценка выраженности бронхоспазма. С этой целью обычно исследуется влияние короткодействующих бронхолитиков на показатели кривой «поток-объем», главным образом, на значение $ОФВ_1$.

Бронходилатационный ответ зависит от того, к какой группе принадлежит бронхолитик, от путей введения, а в случае использования дозированных ингаляторов — от техники ингаляции. Ответ также зависит от:

- дозы
- времени, прошедшего после ингаляции
- бронхиальной лабильности во время исследования
- состояния легочной функции
- воспроизводимости показателей, используемых для сравнения
- вероятности повторения незначительных погрешностей исследования

Существует несколько методик оценки пробы. Наиболее простым способом является измерение абсолютного прироста $ОФВ_1$:

$\Delta ОФВ_1$абс. (мл) = $ОФВ_1$дилат. (мл) - $ОФВ_1$исх. (мл)

Но этот способ не учитывает величины ни исходного, ни достигнутого показателя, следовательно, не позволяет судить о степени улучшения бронхиальной проходимости.

Чаще обратимость измеряется отношением абсолютного прироста показателя $ОФВ_1$, выраженного в процентах к исходному:

$$\Delta ОФВ_1 исх.\% = \frac{ОФВ_1 дилат.(мл) - ОФВ_1 исх.(мл)}{ОФВ_1 исх.(мл)} \times 100\%$$

Основным недостатком этой методики является сложность оценки теста при низких исходных значениях $ОФВ_1$, так как незначительный абсолютный прирост будет в итоге давать высокий процент увеличения показателя.

Существуют еще два способа оценки бронходилатационного теста: изменение показателя по отношению к должному значению, выраженному в процентах ($\Delta ОФВ_1$ должн. %),

$$\Delta ОФВ_1 должн.\% = \frac{ОФВ_1 дилат.(мл) - ОФВ_1 исх.(мл)}{ОФВ_1 должн.(мл)} \times 100\%$$

и по отношению к максимально возможной обратимости ($\Delta ОФВ_1$ мах %):

$$\Delta ОФВ_1 возм.\% = \frac{ОФВ_1 дилат.(мл) - ОФВ_1 исх.(мл)}{ОФВ_1 должн.(мл) - ОФВ_1 исх.(мл)} \times 100\%$$

Во всех формулах $ОФВ_1$ исх. — исходный показатель; $ОФВ_1$ дилат.— показатель после провокационной пробы; $ОФВ_1$ должн. — должный показатель.

Выбор метода оценки зависит от клинической ситуации.

Для рутинного использования в настоящее время рекомендуется определять процент изменения $ОФВ_1$ по отношению к исходному значению. Однако в случае выраженной обструкции при низких исходных значениях экспираторного потока обязательно нужно учитывать абсолютные значения прироста $ОФВ_1$ (увеличение $ОФВ_1$ на 160 мл является статистически достоверным).

При оценке ответа на бронходилататор короткого действия дополнительными критериями являются абсолютное изменение ЖЕЛ на 330 мл как статистически достоверное отличие или при отсутствии значимой динамики ФЖЕЛ, изменение $МОС_{25-75}$ на 25%. Клиническое улучшение самочувствия может иметь место и при отсутствии таких изменений. Бронходилатационный тест может быть диагностически значимым только при исходной легочной функции менее 80% должной (или лучшей).

Условия проведения теста заключаются в следующем. Необходимо, чтобы пациенты, которым будет проводиться тест, воздерживались от приема бронходилататоров короткого действия в течение как минимум 4 ч до проведения теста.

Пациенты должны получить четкие и краткие инструкции касательно воздержания от употребления бронходилататоров (короткого действия) во время приготовления к тесту. Если пациент не в состоянии исполнить эти инструкции или ему не удалось сделать это, и тест не может быть перенесен

на другое время, принятая доза бронходилататоров короткого действия и время, прошедшее от их приема до теста, должны быть зафиксированы.

Ингаляционные кортикостероиды, бронходилататоры длительного действия или пероральная терапия не должны прерываться иначе как по требованию врача, вместе с тем эти препараты могут значительно влиять на результаты пробы. В протоколе исследования должна быть отмечена лекарственная терапия, которую принимает больной.

$ОФВ_1$, ФЖЕЛ и ЖЕЛ должны быть определены с использованием стандартных методик до и через определенное время после приема бронхолитического препарата. Так же и ПОС может быть измерена согласно стандарту.

Если технически приемлемая исходная спирограмма не достигнута, бронходилатационный тест нельзя будет достоверно оценить. Рекомендации по оценке обратимости бронхиальной обструкции варьируются в разных лабораториях и в настоящее время не существует «золотого стандарта» по этому методу.

Важно, чтобы ингаляторы и небулайзеры использовались согласно инструкции производителя. Препарат, доза и метод применения должны быть записаны. Если требуется сравнение ответа на два разных бронходилататора, например, при различных типах доставки лекарства, то в таких случаях пациенту лучше предложить провести тесты в разные дни (в одно время суток).

Исследователь должен следить за тем, как пациенты используют ингалятор. Любые ошибки в технике должны быть отмечены и своевременно исправлены.

Рекомендуемое время экспозиции: при использовании сальбутамола 200 мкг — 15 мин, при использовании ипратропиума - 40 мкг — 30 мин.

В зависимости от задачи исследования доза бронходилатирующего агента может быть увеличена.

Все время проведения пробы пациенты должны оставаться поблизости от места обследования и не должны курить.

Заключение по бронходилатационному тесту должно включать:

- должные объемы и должные нормативы;
- исходные данные;
- значения показателей после применения бронходилататора;
- препарат, дозу, метод применения и временной интервал от момента применения до записи ответа.

При интерпретации результатов бронхолитического теста необходимо учитывать стандарты ATS/ERS 2019 года:

при проведении бронхолитического теста рекомендуется использовать максимальные дозы бронхолитических препаратов 400 мкг и 80 мкг для сальбутамола и ипратропиума бромида соответственно;

следует избегать однозначного суждения о наличии рестриктивных или обструктивных изменений только на основании снижения основных спирометрических показателей без проведения углубленного исследования.

Неправильно проведенное и неверно истрактованное спирометрическое исследование приводит, в лучшем случае, к бессмысленности его проведения, а в худшем — к получению заведомо ложной информации и дезинформации лечащего врача, что не может не сказаться на качестве обследования пациентов.

КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СПИРОГРАФИЧЕСКИХ И ПНЕВМОТАХОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Спирографические исследования находят широкое применение в клинике. Этому способствует простота и доступность метода, высокая информативность и хорошая воспроизводимость тестов.

Показания для спирометрии

1. Оценка симптомов, данных объективного исследования и отклонений результатов лабораторных тестов. Симптомы: одышка, стридор, ортопное, кашель, отделение мокроты, боль в грудной клетке. Данные объективного исследования: ослабление дыхания, эмфизема, затруднение выдоха, цианоз, деформация грудной клетки, необъяснимые шумы (потрескивание). Отклонения в лабораторных тестах: гипоксемия, гиперкапния, полицитемия, изменения на рентгеновских снимках.
2. Определение влияния болезни на легочную функцию.
3. Выявление людей с риском развития легочных заболеваний: курильщики; лица, работа которых связана с воздействием вредных веществ.
4. Оценка предоперационного риска.
5. Оценка прогноза (легочный трансплантат и др.).
6. Оценка состояния здоровья перед участием в программах, требующих чрезмерных физических усилий.
7. Проведение мониторинга.
8. Оценка терапевтических вмешательств:

- выявление обратимости обструкции и определение эффективности курса терапии бронходилататорами;
- оценка эффективности лечения стероидами при астме, интерстициальных болезнях легких и т. д.;
- ведение застойной сердечной недостаточности;
- оценка других методов лечения (антибиотики при кистозном фиброзе и др.).

9. Мониторирование показателей для оценки прогрессирования болезни:

- при легочных заболеваниях (хронические обструктивные болезни легких и бронхиальная астма, интерстициальные болезни, др.);
- при кардиологических заболеваниях (застойная сердечная недостаточность);

- при нейромышечных болезнях (синдром Гийена—Барре и др.).

10. Наблюдение за лицами, профессиональная деятельность которых связана с повреждающими агентами.

11. Наблюдение за побочными эффектами лекарств с известным токсическим влиянием на легкие.

12. Экспертиза трудоспособности.

13. Оценка функции внешнего дыхания пациента как часть реабилитационной программы:

- медицинской;
- индустриальной (промышленной);
- профессиональной.

14. Эпидемиологические исследования:

- сравнение статуса здоровья населения, живущего в разных условиях окружающей среды;
- подтверждение субъективных жалоб при оценке профессионального влияния или влияния окружающей среды.

15. Другие показания, следующие из выше перечисленных.

Прежде всего, спирометрическое исследование должно проводиться у пациентов, предъявляющих жалобы со стороны системы органов дыхания или при выявлении изменений в легких на рентгеновских снимках, нарушениях газового состава крови, полицитемии.

Хронический (необструктивный) бронхит характеризуется отсутствием стойких нарушений $ОФВ_1$, ПОС и ЖЕЛ. У части больных регистрируется снижение потоков второй половины форсированного выдоха (снижается $МОС_{50}$, $МОС_{75}$ и $СОС_{2575}$).

Хроническая обструктивная патология проявляется синдромом необратимого, как правило, нарушения бронхиальной проходимости со стойким снижением ИТ, $ОФВ_1$ и скоростных показателей форсированного выдоха. Обратимый компонент обструкции значительно менее выражен, чем необратимый, и обусловлен преимущественно холинергическим механизмом (что может быть выявлено при проведении пробы с ипратропиумом бромида), а также отеком, воспалительной инфильтрацией стенок бронхов, скоплением слизи в дыхательных путях. Бронхолитическая проба с β_2-агонистом, как правило, отрицательна и служит важным дифференциально-диагностическим отличием от бронхиальной астмы.

Поскольку под хронической бронхиальной обструкцией понимают стойкую генерализованную обструкцию, необратимую даже в результате лечения (включая глюкокортикостероиды), для ее диагностики необходимы повторные функциональные исследования. Бронхиальная обструкция считается хронической, если она регистрируется как минимум 3 раза в течение года, несмотря на проводимую терапию. Необратимый характер обструкции обуславливает прогрессирующее течение патологического процесса. Если у здорового человека в зрелом возрасте отмечается ежегодное падение $ОФВ_1$ в пределах 30 мл в год, то для больных хронической обструктивной болезнью легких эта цифра составляет 50 мл в год.

В зависимости от того, какой механизм обструкции преобладает, может регистрироваться бронхитический или эмфизематозный тип нарушений бронхиальной проходимости на кривой «поток-объем».

Бронхиальная астма характеризуется обратимой обструкцией дыхательных путей. Нормализация спирометрических показателей после применения β_2-агонистов является кардинальным признаком бронхиальной астмы. Однако в различные фазы этого заболевания могут регистрироваться и нормальные спирометрические показатели. Отсутствие нарушений бронхиальной проходимости при спирометрическом и пневмотахометрическом исследованиях не исключают диагноз бронхиальной астмы. В этих случаях диагноз может быть подтвержден проведением бронхопровокационных проб и мониторинга ПОС (с помощью пикфлоуметрии).

В то же время при прогрессировании и длительном течении болезни при спирографическом обследовании может быть выявлена малая обратимость обструкции и потребуется много недель лечения, пока проявится обратимость.

При выявлении обструктивных нарушений при спирометрическом исследовании всегда нужно проводить дифференциальную диагностику уровня поражения. При этом необходимо помнить о ряде патологических процессов, которые, проявляясь обструктивными нарушениями легкой степени, могут угрожать жизни больного. Так объемный процесс, уменьшающий просвет верхних дыхательных путей до 8 мм, будет проявляться только во время физической нагрузки, сужение до 5 мм и более проявляется стридором.

Нарушения по рестриктивному типу встречаются как при заболеваниях легких, так и при внелегочных поражениях. Поэтому при выявлении таких нарушений необходимо тщательно проанализировать анамнез больного и клинические данные. Кроме того распространенные интерстициальные процессы в легких, гранулематозные процессы часто сопровождаются снижением ЖЕЛ легкой или умеренной степени при выраженной одышке, кашле, тяжелых нарушениях диффузионной способности легких и газового состава крови.

Таким образом, в ряде случаев спирометрического и пневмотахометрического исследований может быть недостаточно. Полное исследование функции внешнего дыхания должно быть проведено, если имеется расхождение клиники и спирометрических данных или необходимо провести углубленное обследование больного, например, перед обширной операцией на грудной клетке или на органах брюшной полости.

Ценную информацию может получить врач при повторных обследованиях больного. Повторные исследования помогают подтвердить диагноз, объективно оценить эффект от лечения и в ряде случаев прогноз болезни.

Спирографическое и пневмотахографическое исследования широко используются при обследовании и динамическом наблюдении за лицами,

работающими во вредных условиях, курильщиками, при обследовании и выявлении дыхательного резерва у спортсменов, а также при проведении эпидемиологических исследований.

В этих случаях при выявлении пограничных значений показателей (в пределах условной нормы) врач должен ознакомиться с анамнезом и клиническими данными. Например, такое исследование может расцениваться как вариант нормы при отсутствии жалоб, анамнеза курения или контакта с повреждающими агентами. При этом необходимо иметь в виду, что при одинаковой степени снижения вентиляции легких лица более молодого возраста будут иметь относительно более высокие значения показателей в процентах, чем лица пожилого возраста.

Важную роль играет спирографическое исследование в диагностике дыхательной недостаточности и экспертизе трудоспособности. Однако роль спирографии не должна переоцениваться, степень дыхательной недостаточности необходимо устанавливать по совокупности клинических, спирографических и гематологических показателей, в том числе газового состава крови.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нарушения легочной вентиляции крайне редко являются патогномоничными для определенного заболевания, поэтому почти всегда требуют дифференциальной диагностики. Вследствие этого следует воздержаться от категоричных суждений о клиническом диагнозе. Функциональные исследования, независимо от их объема, как правило, позволяют лишь предположить определенное заболевание. В большинстве случаев большую помощь в установлении правильного диагноза приносит совместное обсуждение полученных результатов врачом-функционалистом, клиницистом и специалистом по имидж-диагностике.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Русские и международные обозначения основных показателей функции внешнего дыхания

Русскоязычные обозначения		Международные обозначения	
ОЕЛ	Общая емкость легких	TC	Total capacity
ЖЕЛ	Жизненная емкость легких	VC	Vital capacity
ДО	Дыхательный объем	Vt, TV	Tidal volume
РОвд	Резервный объем вдоха	IRV	Inspiratory reserve volume
РОвыд	Резервный объем выдоха	ERV	Expiratory reserve volume
Евд	Емкость вдоха	IC	Inspiratory capacity
ФОЕ	Функциональная остаточная емкость	FRC	Functional residual capacity
ООЛ	Остаточный объем легких	RV	Residual volume
МП	Объем мертвого пространства	Vd	Dead space
МОД	Минутный объем дыхания	V	Minute ventilation
МВЛ	Максимальная вентиляция легких	MVV, MBC	Maximal voluntary ventilation, Maximal breathing capacity
ФЖЕЛ	Форсированная жизненная емкость легких	FVC	Forced vital capacity
$ОФВ_1$	Объем форсированного выдоха за первую секунду	FEV_1	Forced expiratory volume
ИТ	Индекс Тиффно (ОФВ/ЖЕЛ%)	FEV_1% = FEV1 / VC%	
$СОС_{2575}$	Средняя объемная скорость выдоха на уровне 25-75% ФЖЕЛ	FEF_{2575} MMEF	$СОС_{2575}$ Maximal mid-expiratory flow.
MMEF	Forced expiratory flow... Maximal mid-expiratory flow.		Forced expiratory flow...
$МОС_{25}$ $МОС_{50}$ $МОС_{75}$	Максимальные скорости выдоха на уровне выдоха 25, 50, 75% ФЖЕЛ	MEF25 MEF50 MEF75	Maximal expiratory flow
ПОС	Пиковая (максимальная) объемная скорость форсированного выдоха	PEF	Peak expiratory flow.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Должные величины при исследовании функции внешнего дыхания. Разные должные — разные заключения? / П.В. Стручков [и др.] // Медицинский алфавит. - № 15(457). – С. 22-26.
2. Дьякова, С.Э. Современные требования к проведению спирометрии у детей // Современная функциональная диагностика. – 2021. – №5. – С. 50–56.
3. Инструкция по применению формул и таблиц должных величин основных спирографических показателей : утв. МЗ СССР 1986 г. / Р.Ф. Клемент, А.А. Лаврушин, П.А. Тер-Погасян, Ю. М. Котегов. Л., 1986.
4. Каменева, М.Ю. Методологические аспекты применения легочных функциональных тестов // Медицинский алфавит. Современная функциональная диагностика. - 2017. - № 22. - Т. 2. - С. 26–31.
5. Легочные функциональные тесты: от теории к практике : руководство для врачей / под ред. О.И. Савушкиной, А.В. Черняка. – М. : Фирма Стром, 2017. – 192 с.
6. Методические рекомендации по использованию метода спирометрии. Российское респираторное общество : утверждены Минздравом России в 2016 г. - М., 2016. - 36 с.
7. Стручков, П. В. Спирометрия : руководство для врачей / П.В. Стручков, Д.В. Дроздов, О.Ф. Лукина. - 3-е изд. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 112 с.
8. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии / А. Г. Чучалин [и др.] // Пульмонология. – 2014. – № 6. – С. 11–23.
9. Савушкина, О.И. Функциональные методы исследования системы дыхания при бронхиальной астме / О.И. Савушкина, А.В. Черняк, Е.В. Крюков // Медицинский алфавит. Современная функциональная диагностика. - 2021. - № 15. - С. 14-20.
10. Черняк, А.В. Спирометрическое исследование в клинической практике / А.В. Черняк, О.Н. Савушкина // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2020. – №77. – с. 126–133.
11. Чучалин, А.Г. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению бронхиальной астмы : Российское респираторное общество / А.Г. Чучалин, З.Р. Айсанов, А.С. Белевский // Пульмонология. – 2014. – № 2. – С. 11–32.
12. Чушкин, М.И. Стандартизация спирометрии: как улучшить результат? / М.И. Чушкин, О.Н. Попова, П.В. Стручков // Туберкулёз и болезни лёгких. – 2019. – Т. 97. - № 2. – С. 26–32.

13. Graham, B.L. Standardization of Spirometry 2019. Update An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement / B.L. Graham, I. Steenbruggen, M.R. Miller // Amer. J. Respir. Crit. Care Med. – 2019. – Vol. 200 (8). – P. e70–e88.
14. Global Initiative for Asthma (GINA). Global strategy for asthma management and prevention. Updated 2021. - Available on http://www.ginasthma.org
15. Pellegrino, R. Interpretative strategies for lung function tests / Series ‘ATS/ERS Task Force: Standartisation of lung function testing’ / R. Pellegrino [et al.] // Eur. Resp. J. — 2005 — Vol. 26 — P. 948–968.
16. Quanjer, P.H. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range : the global lung function 2012 equations / P.H. Quanjer [et al.] // Eur. Resp. J. 2012. - Vol. 40. - No 6. - P. 1324–1343.
17. Quanjer, P.H. Grading the severity of airways obstruction: new wine in new bottles / P.H. Quanjer [et al.] // Eur. Respir. J. 2014. - №43. – P.505–512. DOI: 10.1183/09031936.00086313

Учебное издание

Лаптева Елена Анатольевна
Ушакова Людмила Юрьевна
Харевич Ольга Николаевна
Катибникова Елена Ивановна
Вертинский Евгений Анатольевич

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СПИРО- И ПНЕВМОТАХОМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ С УЧЕТОМ РЕКОМЕНДАЦИЙ GLI

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 29.12.2021. Формат 60x84/16. Бумага «Discovery».
Печать ризография. Гарнитура «Times New Roman».
Печ. л. 2,63. Уч.- изд. л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ 64.
Издатель и полиграфическое исполнение –
государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/136 от 08.01.2014.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 3/1275 от 23.05.2016.
220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 3, кор.3.

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

Кафедра пульмонологии и фтизиатрии
с курсом аллергологии, иммунологии и профпатологии

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СПИРО- И ПНЕВМОТАХОМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ С УЧЕТОМ РЕКОМЕНДАЦИЙ GLI

Минск, БелМАПО
2022