

Методы диагностики
заболеваний органов дыхания,
связанных с воздействием
производственных факторов.

Часть 1. Анамнез.

Исследование вентиляционной
функции легких

Общий алгоритм диагностики при респираторных заболеваниях

- 1. Анамнез и физикальное обследование
 - Профмаршрут
 - СГХ
 - Объективное обследование

- 2. Функциональные методы исследования
 - Исследование вентиляционной функции
 - Исследование вентиляционно-перфузионных отношений
 - Измерение газов артериальной крови

- 3. Методы визуализации
 - Рентгенография
 - КТ
 - МРТ и прочие

- 4. Инвазивные вмешательства
 - ФБС
 - БАЛ
 - Торакоскопия и прочие

- 5. Прочие
 - Нагрузочные тесты
 - КВВ
 - Микробиологическая диагностика

Градация методов обследования в профессиональной пульмонологии (1)

Методы исследования	Обязательный диагностический минимум	Дополнительные методы исследования
1. На этапе ПМО:		
Анамнез	+	
Физикальное обследование	+	
Спирометрия	+	
Рентгенография органов грудной клетки	+	
Пульсоксиметрия		+
Общий анализ крови	+	

Градация методов обследования в профессиональной пульмонологии (2)

Методы исследования	Обязательный диагностический минимум	Дополнительные методы исследования
2. На догоспитальном этапе у группы риска:		
Постбронходилатационная проба		При показателях $ОФВ_1$ менее 80% от должных величин
ЭКГ	+	
Цитологическое исследование мокроты	+	
Микробиологическое исследование мокроты (посев)		При обострении

Градация методов обследования в профессиональной пульмонологии (3)

3. При госпитализации в Центр профпатологии:		
Бронхологическое исследование (осмотр)	+	
Бронхологическое исследование (лаваж, биоптат)		+
КТ		+
Определение газового состава крови		При $ОФВ_1$ менее 50%; при несоответствии выраженности одышки показателям ФВД; при наличии признаков ХЛС
Исследования качества жизни		Для оценки степени адаптации больного к заболеванию, оценки эффективности мер реабилитации у лиц со стойкой утратой трудоспособности
Иммунологические исследования крови и БАЛ		При прогрессировании и высокой частоте инфекционных осложнений
эхоКС		Для уточнения наличия и выраженности ЛГ

1. Анамнез и физикальное обследование

1. Профессиональный маршрут
2. Санитарно-гигиеническая характеристика условий труда
3. Активный сбор жалоб
4. Анамнез настоящего заболевания
5. Анамнез жизни
6. Физикальное обследование

Пример оформления записей профессионального маршрута

Даты начала/окончания работы	Место работы (предприятие, цех)	Профессия	Наименования неблагоприятных производственных факторов
1969-1983	ОАО «КАПО им. Горбунова», цех 20	Обрубщик	Пыль кварцсодержащая, шум, локальная вибрация
1983-1996	Там же, цех 20	Плавильщик	Пыль кварцсодержащая, шум, локальная вибрация, перегрев
1996-наст.вр.	Там же, цех 61	Слесарь КИПиА	Шум
Профессиональный стаж 27 лет в контакте с кварцсодержащей пылью и локальной вибрацией, 40 лет – в контакте с шумом			

Оценка выраженности одышки

MRC

Баллы	Описание
1 балл	Одышка не беспокоит, за исключением энергичных упражнений
2 балла	Одышка, характеризующаяся неспособностью сохранять быстрый темп ходьбы или подъем в гору с небольшим уклоном по сравнению с лицами своего возраста и телосложения
3 балла	Остановка из-за одышки при ходьбе по ровной местности на расстояние около мили (1600 м) или после 15 минут ходьбы в собственном темпе
4 балла	Остановка из-за одышки при ходьбе на 100 ярдов (80 метров) или через несколько минут ходьбы
5 баллов	Сильная одышка при выходе из дома или одышка при повседневной активности (одевание-раздевание)

Модифицированный вопросник MRC для оценки тяжести одышки

Пожалуйста, отметьте то утверждение, которое относится к Вам (отметьте только один квадрат)	
Я чувствую одышку только при энергичном усилии	€
Я чувствую одышку только когда тороплюсь или поднимаюсь на небольшое возвышение	€
Я иду медленнее, чем люди моего возраста, из-за одышки, или должен останавливаться при ходьбе по ровной поверхности	€
Я останавливаюсь передохнуть после ходьбы на расстояние около или через несколько минут ходьбы по ровной поверхности	€
У меня слишком сильная одышка для того, чтобы выходить из дома или одышка у меня появляется при одевании и раздевании	€

Шкала выраженности одышки по *Borg*

0	<i>Никакой одышки</i>
1	<i>Очень, очень незначительная</i>
2	<i>Незначительная</i>
3	<i>Умеренная</i>
4	<i>Довольно тяжелая</i>
5	<i>Тяжелая</i>
6	
7	<i>Очень тяжелая</i>
8	
9	<i>Очень, очень тяжелая</i>
10	<i>Максимальная: такая же, как при самом быстром беге</i>

Визуальная аналоговая шкала

ОДЫШКИ

Самая тяжелая одышка,
которую только можно представить



Отсутствие одышки

Вопросник Европейского сообщества Угля и Стали

1. Бывает ли у вас кашель, когда Вы просыпаетесь по утрам? Включая кашель от выкуривания первой сигареты или при выходе на улицу. <i>Случайный кашель в расчет не принимается.</i>	Да Нет
2. Бывает ли у Вас ОБЫЧНО кашель в течение дня или ночи? <i>Случайный кашель в расчет не принимается.</i>	Да Нет
Если на вопросы 1 и 2 ответы «Нет», то переходите к вопросу 5.	
3. Бывает ли у Вас такой кашель большинство дней или ночей на протяжении 3-х месяцев ежегодно?	Да Нет
4. Сколько Вам было лет, когда Вы начали кашлять подобным образом?	_____
5. Бывает ли у Вас ОБЫЧНО откашливание мокроты по утрам? Включая откашливание после первой сигареты или при выходе на улицу. <i>Выделения из носоглотки в расчет не принимаются.</i>	Да Нет
6. Бывает ли у Вас ОБЫЧНО откашливание мокроты в течение дня или ночи? <i>Выделения из носоглотки в расчет не принимаются.</i>	Да Нет
Если на вопросы 5 и 6 ответы «Нет», то переходите к вопросу 9.	
7. Бывает ли у Вас такое откашливание мокроты большинство дней или ночей на протяжении 3-х месяцев в году?	Да Нет
8. Сколько Вам было лет, когда Вы начали откашливать мокроту таким образом?	
9. Был ли у Вас за последнее 3 года период, когда кашель и мокрота (или их усиление), длившееся не менее 3-х недель, стали сильно мешать обычному распорядку жизни.	Да Нет

Шкала одышки, кашля и мокроты

BCSS

Пожалуйста, заполните опросник в вечернее время (до отхода ко сну)	
Пожалуйста, укажите день недели: Пн Вт Ср Чт Пт Сб Вс	
Пожалуйста, укажите дату: « »	
1. Насколько было затруднено Ваше дыхание сегодня?	
0 баллов	Нисколько: никакой одышки
1 балл	Слегка: одышка во время физической нагрузки (например, бег)
2 балла	Средне: одышка при обычной активности (уборка постели)
3 балла	Заметно: одышка при умывании или одевании
4 балла	Сильно: почти постоянная, даже во время отдыха
2. Каким был Ваш кашель сегодня?	
0 баллов	Отсутствовал. Никакого кашля
1 балл	Редко. Кашель время от времени
2 балла	Иногда. Реже, чем 1 раз в час
3 балла	Часто. Один или больше раз за час
4 балла	Почти постоянно кашлял или вынужден был кашлять.
3. Как часто беспокоило Вас сегодня отделение мокроты?	
0 баллов	Совсем не беспокоило
1 балл	Слегка: изредка беспокоило
2 балла	Средне: заметно беспокоило
3 балла	Заметно: вызывало большое неудобство
4 балла	Сильно: почти постоянно беспокоило

Шкала симптомов больных ХОБЛ *P.L. Paggiaro*

	Одышка	Кашель	Продукция мокроты	Цвет мокроты
0 баллов	Нет	Нет	Нет	Нет
1 балл	Нет	Легкий (иногда по утрам)	Малая	Бесцветная
2 балла	При умеренной нагрузке	Умеренный (иногда, утром и вечером)	Средняя	Белая или серая
3 балла	При легкой нагрузке (ходьба)	Выраженный	Умеренная	Светло-желтая
4 балла	При минимальной нагрузке (умывание)	Постоянный	Значительная	Темно-желтая или зеленая

Вопросник по оценке респираторных симптомов

1. Заболевания органов грудной клетки	
Отмечались ли у Вас за последние 3 года заболевания органов грудной клетки, которые отрывали бы Вас от привычного рабочего графика более чем на 1 неделю? Если Вы ответили «Да» на этот вопрос, то:	Да/Нет
Отмечалось ли повышенное отделение мокроты в течение этих заболеваний? Если Вы ответили «Да» на этот вопрос, то:	Да/Нет
Возникало ли данное заболевание более чем 1 раз за последние 3 года?	Да/Нет
2. Одышка	
Пожалуйста, сделайте отметку только в 1 ячейке напротив высказывания, которое в наибольшей степени относится к Вам:	
У меня отмечается затруднение дыхания только при нагрузке	€
У меня возникает одышка при быстрой ходьбе по ровной местности или при подъеме в гору с небольшим уклоном	€
Я иду медленнее, чем люди моего возраста, по ровной местности из-за одышки или должен остановиться при моем привычном темпе ходьбы по ровной местности, чтобы отдышаться	€
Я останавливаюсь приблизительно через 100 шагов или через несколько минут ходьбы по ровной местности	€
Я не выхожу из дома из-за выраженной одышки или у меня возникает одышка, когда я одеваюсь или раздеваюсь	€
3. Хрипы	
Возникало ли у Вас когда-либо ощущение «наличия хрипов или свиста» в грудной клетке? Если Вы ответили «Да» на этот вопрос, то:	Да/Нет
Возникает ли данное ощущение практически каждый день или ночь?	Да/Нет
Возникал ли когда-либо приступ одышки с ощущением «наличия хрипов»? Если Вы ответили «Да» на этот вопрос, то:	Да/Нет
Было/является ли ваше дыхание абсолютно нормальным в межприступный период?	Да/Нет
Итого положительных ответов:	

2. Функциональные методы исследования

1. Исследование вентиляционной функции
2. Измерение легочных объемов
3. Измерение сопротивления дыхательных путей
4. Исследование эластической отдачи
5. Исследование диффузионной способности

3. Методы визуализации

1. Традиционное рентгеновское исследование
2. Рентгеновская компьютерная томография
3. Магнитно-резонансная томография
4. Ультразвуковое исследование
5. Радионуклидные исследования
6. Позитронно-эмиссионная томография
7. Интервенционные методики

4. Инвазивные вмешательства

- Бронхоскопия
- Торакоскопия
- Медиастинотомия

5. Прочие методы

1. Нагрузочные тесты
2. Исследование конденсата
выдыхаемого воздуха
3. Микробиологические тесты

Исследования функции легких

Какие характеристики легочной функции можно оценить:

- Бронхиальная проводимость,
- Воздухонаполненность,
- Эластические свойства,
- Респираторная мышечная функция,
- Диффузионная способность.

2.1. Исследование функции легких

Характеристики	Методы исследования
1. Бронхиальная проводимость	Исследование вентиляционной функции
2. Воздухонаполненность	Измерение легочных объемов
3. Респираторная мышечная функция	Измерение сопротивления дыхательных путей
4. Эластические свойства	Исследование эластической отдачи
5. Диффузионная способность	Исследование диффузионной способности

2.1. Исследование функции легких

-
- Функциональные тесты
 - Тесты
 - Ранняя диагностика
 - Мониторирование течения
 - Количественное измерение тяжести
 - Во
 - во
 - Исследования ответа на терапию

2.1. Исследование функции легких

Характеристики	Методы исследования
1. Бронхиальная проводимость	Исследование вентиляционной функции
2. Воздухонаполненность	Измерение легочных объемов
3. Респираторная мышечная функция	Измерение сопротивления дыхательных путей
4. Эластические свойства	Исследование эластической отдачи
5. Диффузионная способность	Исследование диффузионной

Парадокс:

- Если пульмонолог измеряет АД, подсчитывает пульс, рекомендует ЭКГ, то кардиолог крайне редко направляет больного на исследование ФВД или более сложные методы оценки состояния его дыхательной системы.
- До последнего времени обе группы специалистов не использовали пульсоксиметрию.
- Большинство врачей первичного звена здравоохранения при опросах относят пульсоксиметрию к области исследований в реаниматологии и анестезиологии, в лучшем случае – интенсивной терапии.

НО:

- Оценка состояния функции внешнего дыхания, газообмена и степени насыщения крови кислородом в равной степени важны и информативны в общей клинической практике, пульмонологии и кардиологии.

ПОЭТОМУ:

1. Приступая к оценке причин одышки и дифференциальной диагностике ее причин, следует обязательно оценить состояние красной крови, уровень гемоглобина, цветной показатель, чтобы изначально исключить **гемическую гипоксию**.

А затем:

- Оценить сатурацию (насыщение) крови кислородом
- Пульсоксиметрия – неинвазивный метод оценки степени насыщения гемоглобина крови кислородом.

Принцип пульсоксиметрии

- Применяют светодиоды, излучающие свет с длиной волны 600 нм (красный) и 940 нм (инфракрасный).
- Использование двух частот позволяет проводить границу между спектрами поглощения гемоглобина и оксигемоглобина.
- Сенсор устанавливают на палец руки или ноги, либо на мочку уха.
- Происходит поглощение света артериальной и венозной кровью и измеряется вариабельность пульсации артериальной крови.

- Микропроцессор пульсоксиметра вычисляет соотношения поглощения спектров красного и инфракрасного света (600 изм./сек.)
- На дисплей выводятся усредненные данные за 3–5 сек. с последующим обновлением каждые 0,5–1 с.
- Одновременно выводится картина пульсовой волны и частота сердечных сокращений.

- Врач должен хорошо понимать, какую информацию он получает с помощью этого доступного прибора.
- Прибор всего лишь определяет, **какой процент кислорода в среднем связывается с каждой молекулой гемоглобина.**
- При этом метод **не** позволяет определять и **не заменяет** оценку парциального давления кислорода крови, содержания кислорода в крови, парциального давления двуокиси углерода, дыхательные скорости и объемы, сердечный выброс и АД.

- На результат измерения SaO₂ влияют снижение пульсации периферических артерий при **периферической вазоконстрикции** (гиповолемия, тяжелая гипотония, сердечная недостаточность, некоторые виды аритмий сердца) или **болезнях периферических сосудов**. В подобных случаях полученный сигнал неадекватен для полноценного анализа.

- Пульсоксиметрия не способна различать формы гемоглобина. Присутствие метгемоглобина может нарушать результаты измерений. Ложное снижение сатурации происходит при введении с лечебной целью метиленового синего, при использовании некоторых лаков и накладных ногтей.
- Влияние цвета кожи на результаты пульсоксиметрии зависит от степени гипоксемии, места наложения датчика и типа прибора. Желтуха и анемия не нарушают точности оценки сатурации, тогда как при серповидноклеточной анемии возможны отклонения показателей до 8%.

- Наиболее изученным и точным методом измерения SaO_2 считается пульсоксиметрия, проводимая с помощью пальцевой клипсы.



- На данных пульсоксиметрии основана современная классификация дыхательной недостаточности, которую ранее устанавливали по наличию одышки при нагрузке или в покое.
- Нормой принято считать значения SaO_2 не ниже 95%, 90–94% соответствуют ДН-I; 75–89% – ДН-II и менее 75% – ДН-III.

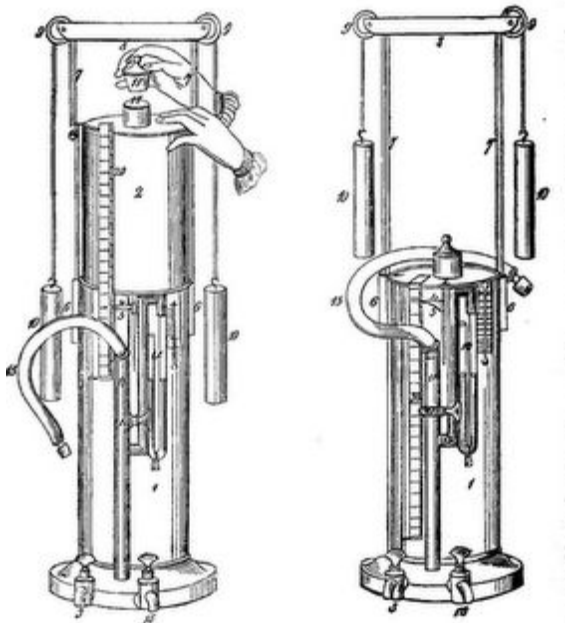
- Прикладное значение пульсоксиметрии трудно переоценить.
- Особенно четко значимость оценки сатурации показала себя в 2009 г., когда стали встречаться тяжелые случаи гриппа А Н1N1.
- На первичном приеме больного с признаками гриппа выявление десатурации гемоглобина позволяет сразу направить его в отделение интенсивной терапии.
- Аналогична тактика при пневмонии, отеке легких, интерстициальных нарушениях.
- Значения SaO₂ менее 90% в покое являются признаком существенной дыхательной недостаточности любого генеза, которая может потребовать оксигенотерапии.

Спирометрия

- Простой и доступный метод диагностики вентиляционной недостаточности
- Она давно должна была стать рутинной процедурой для ВОП.
- Однако сохраняется практика проведения спирометрии на 3–7-й день после госпитализации больного с одышкой, назначение бронхолитиков и даже глюкокортикостероидов без оценки объемных и скоростных показателей.
- Такая ситуация должна быть устранена, поскольку приводит к нерациональной терапии.

Исследование вентиляционной функции

- Первым измерил ЖЕЛ Гален в 200 г.н.э.
- Первый спирометр был изготовлен в 1840 г. Джоном Хатчинсоном.





Спирометрия -

- **Самый простой и распространенный метод функциональной диагностики, который можно рассматривать как первый, начальный этап в диагностике вентиляционных нарушений.**
- Предназначен для измерения легочных объемов при спокойных или форсированных дыхательных маневрах.

О чем можно узнать, проведя спирометрию?

- Существуют ли нарушения вентиляционной функции
- Если да, то каков тип нарушений (обструктивный, рестриктивный или смешанный)

Можно ли установить диагноз на основании только данных спирометрии?

- Нельзя, так как выявляемые функциональные нарушения не являются специфическими

Спирометрия позволяет:

1. Выявить обструктивные и рестриктивные нарушения вентиляции
2. Либо – выявить экстраторакальную обструкцию ВДП
3. Установить причину респираторных симптомов
4. Выявить причины изменений газообмена
5. Оценить риск оперативного лечения
6. Оценить физический статус
7. Мониторировать динамику течения заболевания
8. Оценить эффективность лечения
9. Объективно оценить выраженность субъективных жалоб

Области применения спирографии

1. Диагностическая
2. Мониторинг
3. Экспертная
4. Оценка состояния здоровья

Клинико-физиологические возможности спирографии

Система легочного дыхания организма, обеспечивающая обогащение кислородом крови в легких, осуществляется благодаря строгой согласованности между собой трех процессов:

1. **вентиляции альвеол**, обеспечивающей постоянство состава альвеолярного воздуха;
2. непрерывного **кровотока через капилляры легкого** и распределения крови в строгом соответствии с интенсивностью вентиляции отдельных ее участков;
3. **диффузии биологических газов** через легочную мембрану с необходимой скоростью.

Клинико-физиологические возможности спирографии

При спирографическом исследовании удастся судить о состоянии лишь одного из звеньев системы легочного дыхания - **аппарата вентиляции.**

Однако этого вполне достаточно, поскольку **именно нарушения вентиляции** при подавляющем большинстве заболеваний легких оказываются ведущими в комплексе патофизиологических расстройств и в значительной мере определяют клиническую картину легочной недостаточности, снижая функциональные возможности больного с патологией легких.

Противопоказания

- Метод является простым и безопасным.
- Абсолютных противопоказаний не существует.

Противопоказания

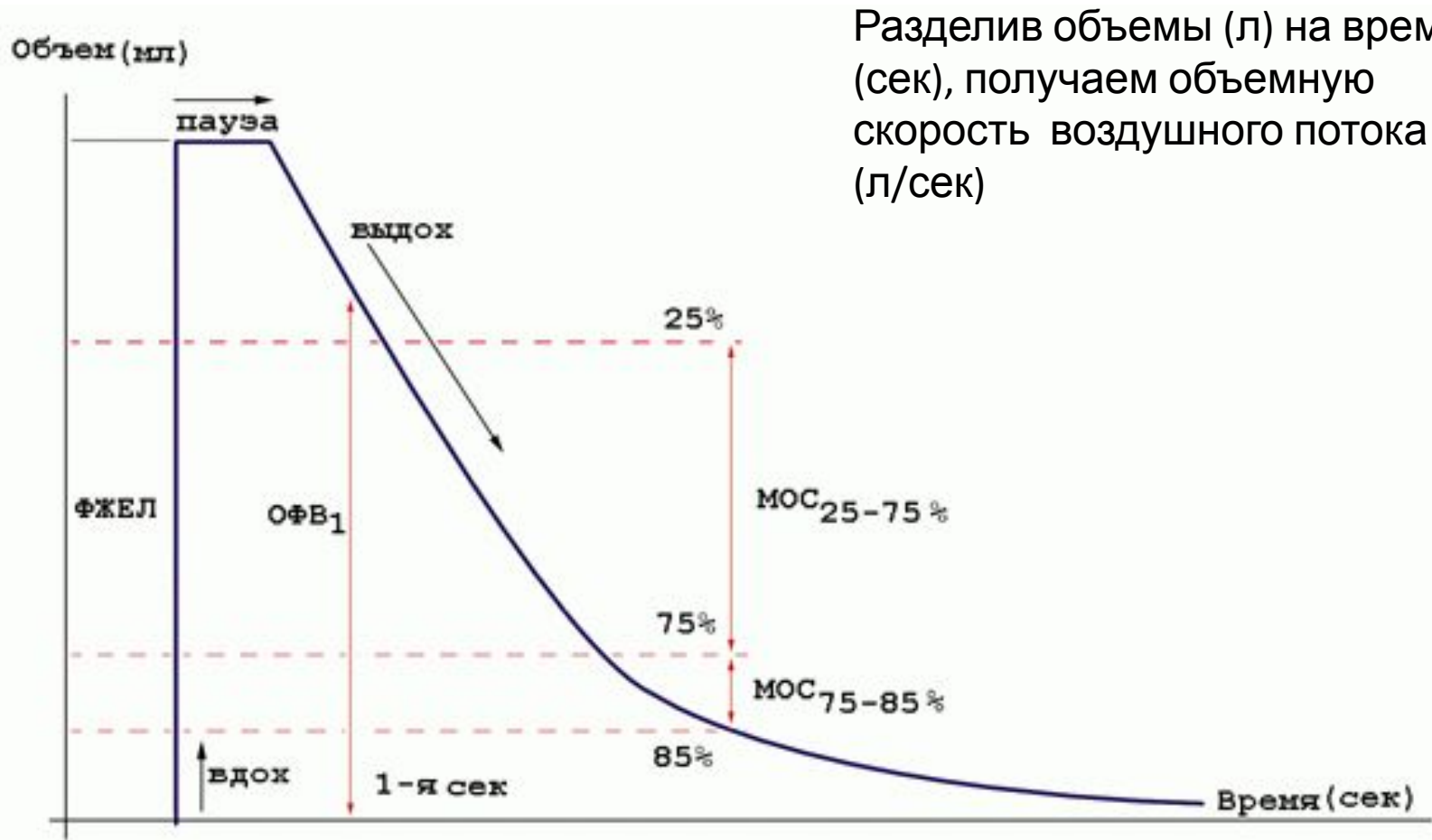
НО:

Маневр форсированного воздуха следует выполнять с осторожностью при –

1. Пневмотораксе.
2. В первые 2 недели после ОИМ, офтальмологических операций, операций на брюшной полости.
3. Выраженном продолжающемся кровохарканье.
4. Тяжелой астме.
5. Подозрению на активный туберкулез или другие воздушно-капельные заболевания.

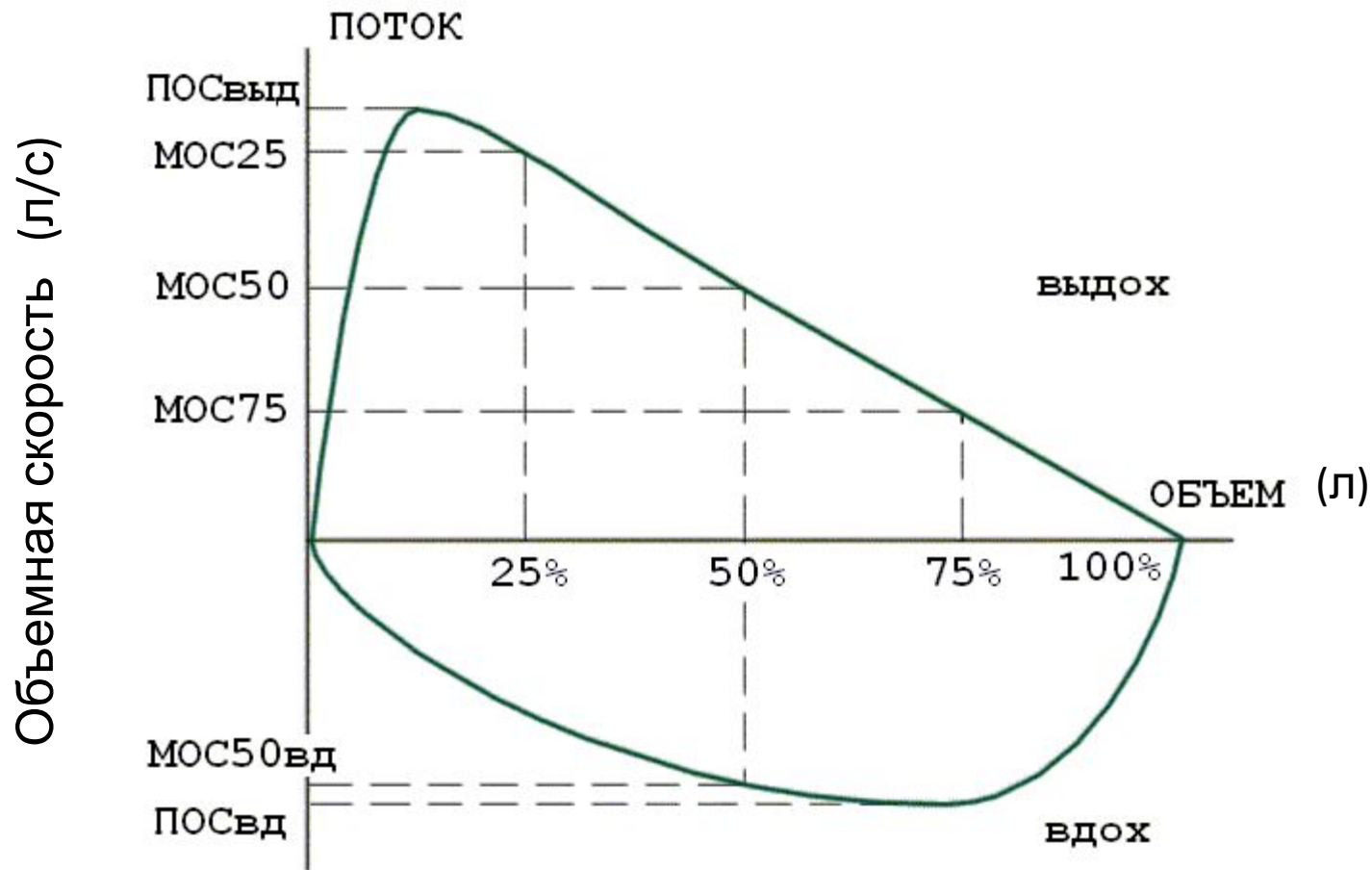
Способы измерения легочных объемов

1. Непосредственное измерение объемов вдыхаемого или выдыхаемого воздуха - спирометрия (кривая объем-время)
2. Измерение потока и времени – пневмотахометрия (кривая-поток-объем)

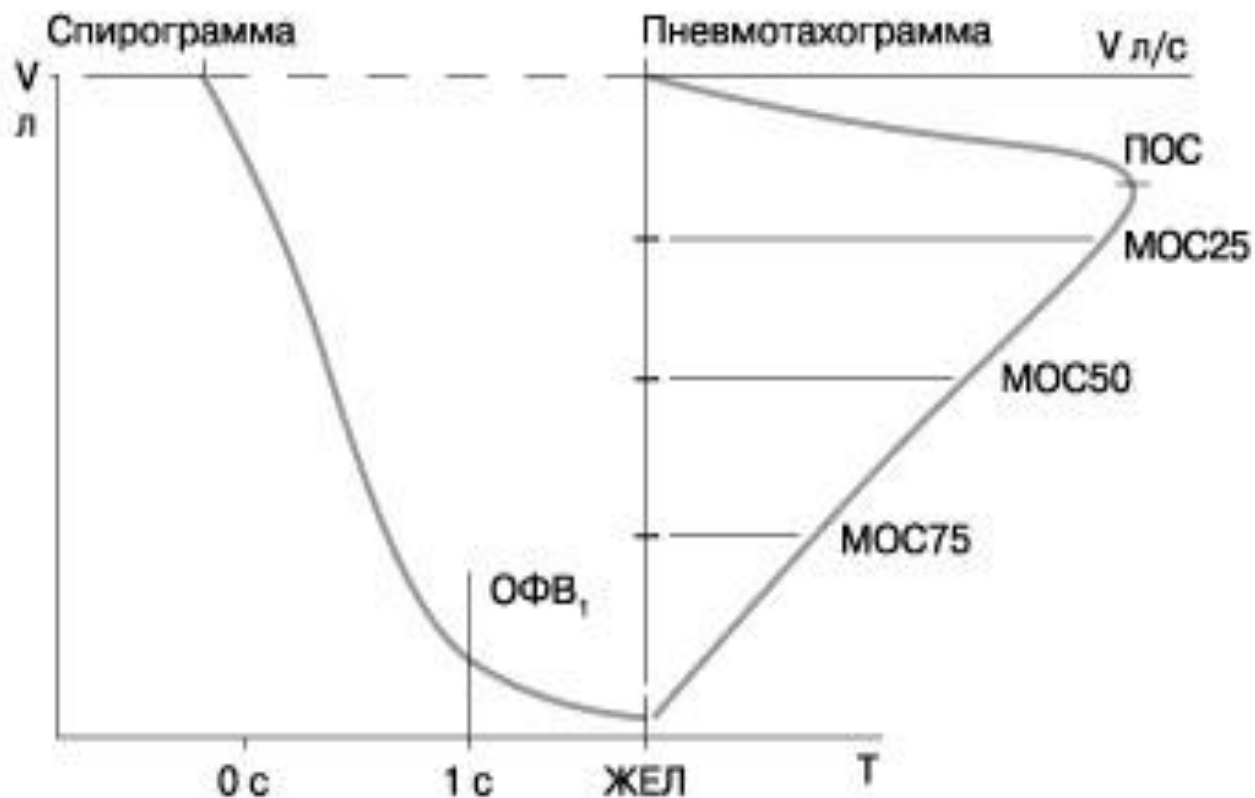


Разделив объемы (л) на время (сек), получаем объемную скорость воздушного потока (л/сек)

Спирограмма форсированного выдоха



Кривая поток-объем (пневмотахограмма)



Спирограмма и пневмотахограмма,
 записанные во время форсированного
 выдоха здорового человека (тест Вотчала–
 Тиффно)

- Обе кривые выражают одинаковые параметры.
- Современные спирометры по своей сути являются и пневмотахометрами и позволяют оценивать объем, поток и время и их взаимосвязь.

Важно:

- Для корректной интерпретации результатов спирометрии необходимо быть уверенным, что исследование проведено правильно.

Требования к пациенту, обеспечивающие качество спирометрии

- **Максимально** глубокий вдох.
- **Плотное** обхватывание губами мундштука.
- Осуществление выдоха настолько **быстро и полно**, насколько это возможно.
- Повторение теста до получения **трех приемлемых и воспроизводимых результатов**.
- Фиксирование **наилучших значений** $ОФВ_1$ и ФЖЕЛ, даже если они исходят из разных маневров.
- **Использование носового зажима** с целью предотвращения потери измеряемого объема воздуха через нос.

Наиболее распространенные причины низкого качества спирометрии

- Недостаточное усилие пациента (возможно при плохом инструктаже).
- Неспособность в полной мере наполнить легкие перед маневром.
- Неполный выдох.
- Медленное начало маневра.
- Утечка воздуха (например, между губами и мундштуком).
- Плохо калиброванный или плохо обслуживаемый спирометр.
- неподготовленный или плохо обученный медицинский работник.
- Неспособность пациента понять инструкции.
- Кашель во время маневра.
- Спазм голосовой щели.
- Закрытие мундштука языком или зубами.
- Вокализация во время маневра.
- Неправильная поза (наклонившись вперед или сгорбившись).

Как надо проводить маневр для получения наилучшего

результата:

1. Сделать **спокойный выдох**
2. Сделать **максимально глубокий вдох**
3. И **сразу же без паузы** выдохнуть **весь воздух с максимальным усилием.**

Т.к. **пауза на высоте вдоха** может вызвать «стрессовое расслабление» □ снижение эластической тяги □ увеличение растяжимости дыхательных путей □ снижение скорости выдоха

Основные показатели:

- **ФЖЕЛ (Forced vital capacity, FVC)**

Форсированная жизненная емкость легких. Измеряется при выполнении маневра форсированного выдоха.

- **ОФВ1 (Forced expiratory volume for 1 sec., FEV1)**

Объем форсированного выдоха за 1 секунду

Максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть за первую секунду маневра ФЖЕЛ-ОФВ1.

Самый важный показатель. Более-менее независим от усилия. Наиболее хорошо воспроизводимый. Часто используемый. Самый информативный.

ОФВ1/ФЖЕЛ (FEV1/FVC)

- модификация индекса Тиффно (ОФВ1/ЖЕЛвд).
- Оценивается как абсолютный показатель.
- Очень постоянная величина.
- У здорового человека составляет 75-85%.
- С возрастом снижается, поскольку скорость выдоха снижается быстрее, чем объем легких.
- Применяется для оценки тяжести обструкции и дифференциации обструкции и рестрикции.

ОФВ6 (FEV6)

- Объем форсированного выдоха за 6 секунд.
- Применяется вместо ФЖЕЛ при тяжелых обструктивных заболеваниях, когда время выдоха может превышать 15-20 секунд, а экспираторный поток в конце выхода так ничтожен, что спирометр его не воспринимает. Полный маневр может быть затруднительным для такого пациента.

Но пока не разработаны должные величины
ОФВ6!!!

СОС25-75 (FEF25-75)

- Средняя объемная скорость потока в середине маневра (между 25% и 75% ФЖЕЛ)
- СОС25-75 может быть более чувствительным показателем, чем ОФВ1, на ранних стадиях бронхиальной обструкции.

МОС 25, 50, 75% (PEF25, 50, 75%)

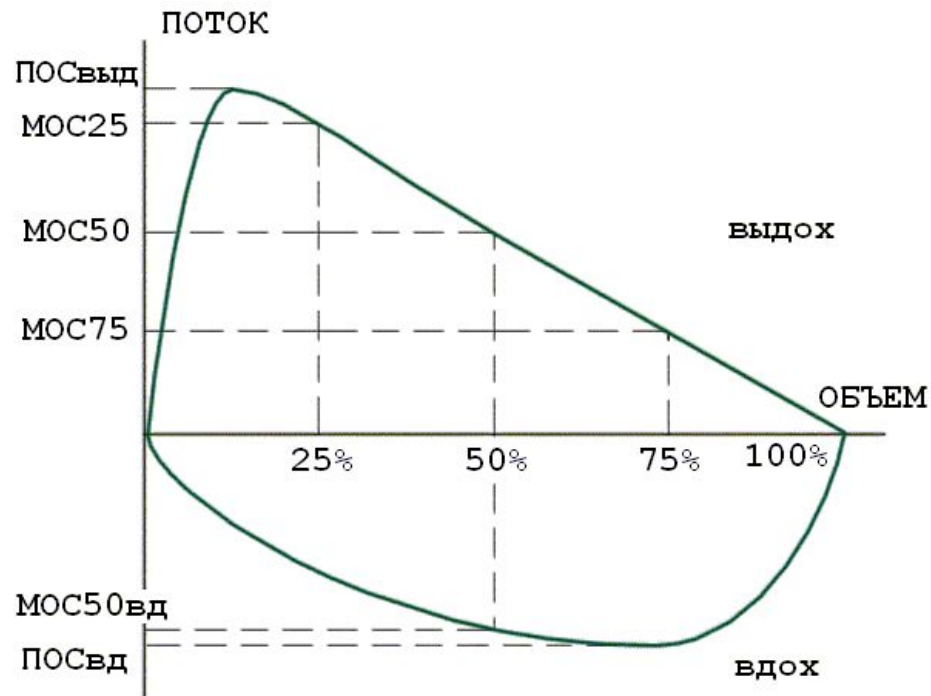
- Минутные объемные скорости выдоха, или максимальные экспираторные потоки, измеряются на разных уровнях ФЖЕЛ (25%, 50% и 75% соответственно) . Не играют существенной роли при определении типа и тяжести нарушений легочной вентиляции, т. к.:
- Не обладают высокой воспроизводимостью
- Подвержены инструментальной ошибке
- Зависят от приложенного экспираторного усилия.

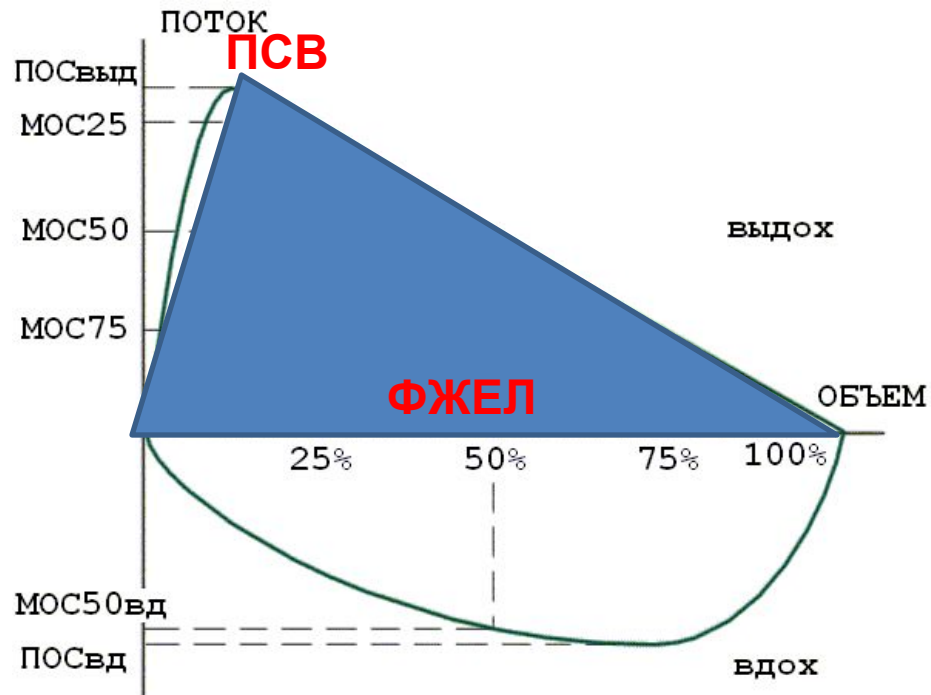
ПСВ (PEF)

- Пиковая скорость выдоха, или пиковый экспираторный поток.
- Измеряется сразу же после начала маневра выдоха. В еще большей степени зависит от усилия пациента. Для получения воспроизводимых данных пациент в самом начале выхода должен приложить максимум усилий.
- Применяется в основном для самоконтроля при БА (пикфлоуметрия)

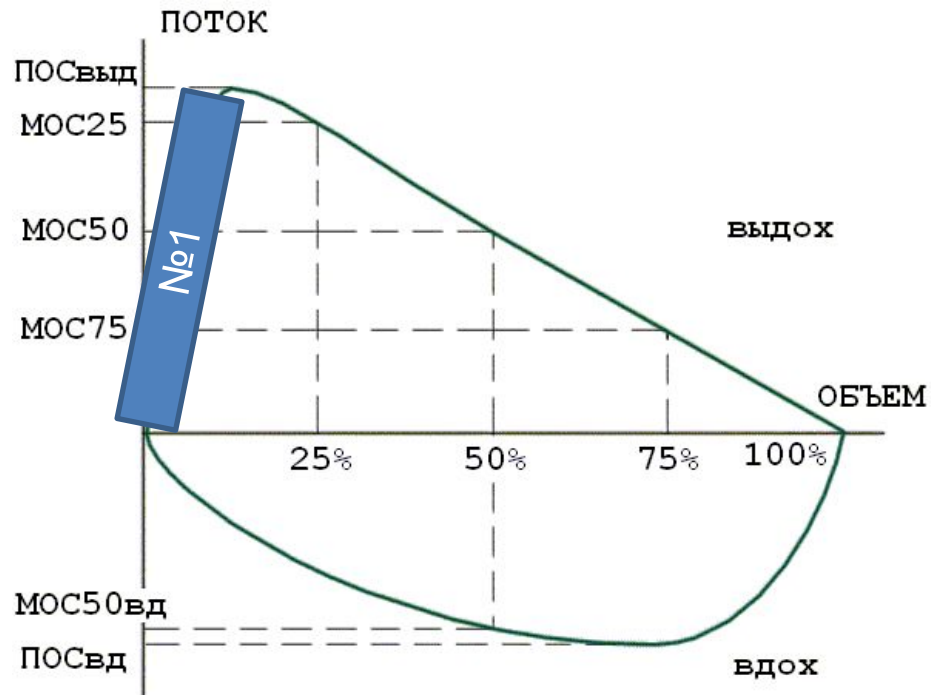
Интерпретация кривой «поток-объем»

- Рисунок прост и информативен

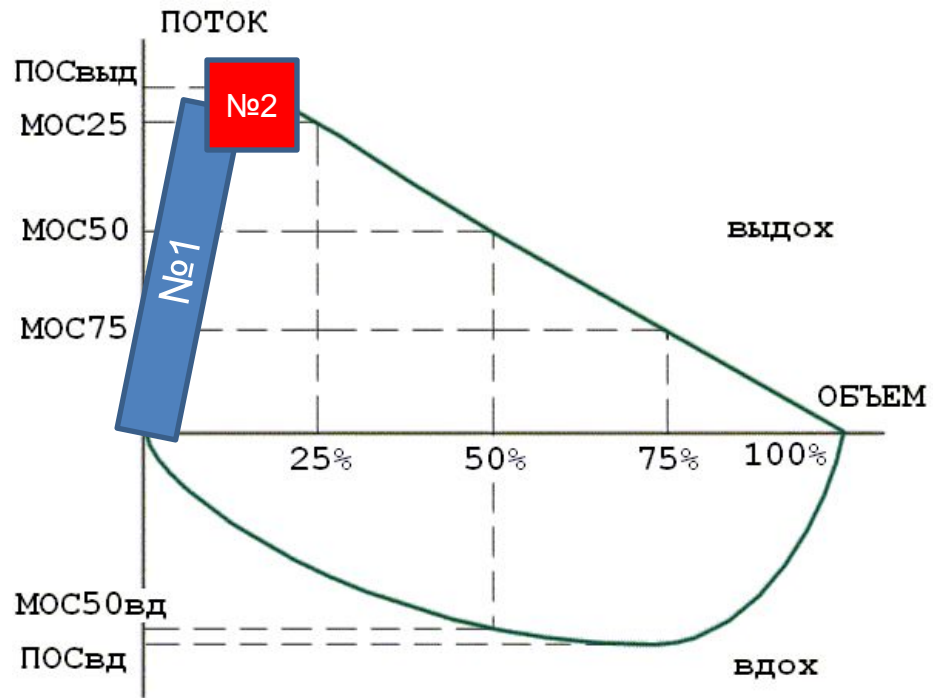




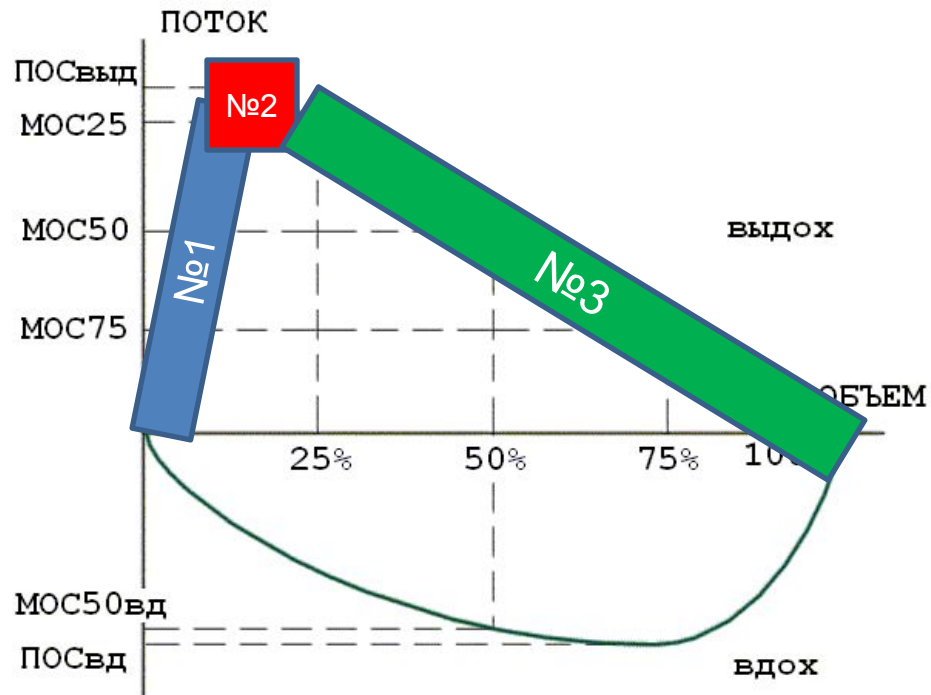
В норме имеет форму почти
прямоугольного
треугольника:
Основание – ФЖЕЛ.
Вершина – ПСВ.



№1 – начальная часть кривой (25-33% ФЖЕЛ). В большей степени зависит от прилагаемого пациентом усилия, а не механических свойств легких.

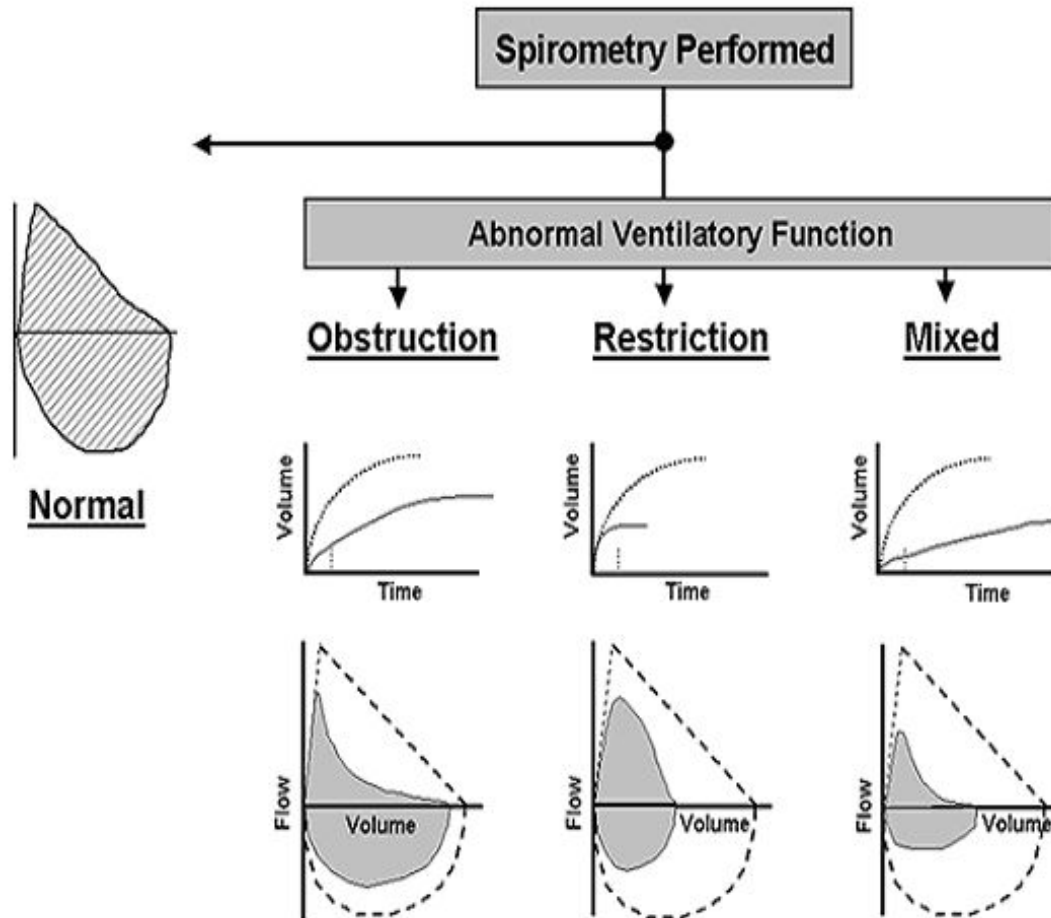


№2 – Пик выдоха. Точка
максимального
усилия



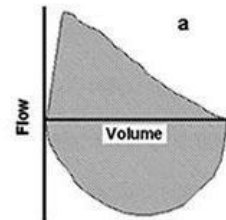
№3 – плавное снижение скорости выдоха до нуля при достижении уровня ООЛ. Эта часть кривой не зависит от усилий пациента и обладает высокой воспроизводимостью. При заболеваниях органов дыхания изменения механических свойств легких приводят к

Форма кривой поток-объем

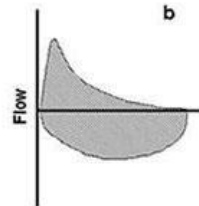


Основные типы вентиляционных нарушений

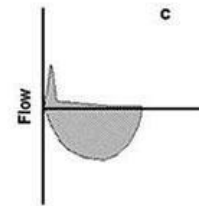
Кривые поток-объем максимального выдоха и вдоха
при различной патологии легких



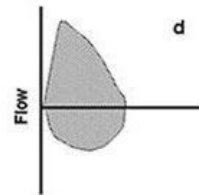
Здоровый человек



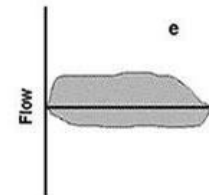
обструкция бронхов
(бронхиальная астма)



тяжелое обструктивное
заболевание (эмфизема)

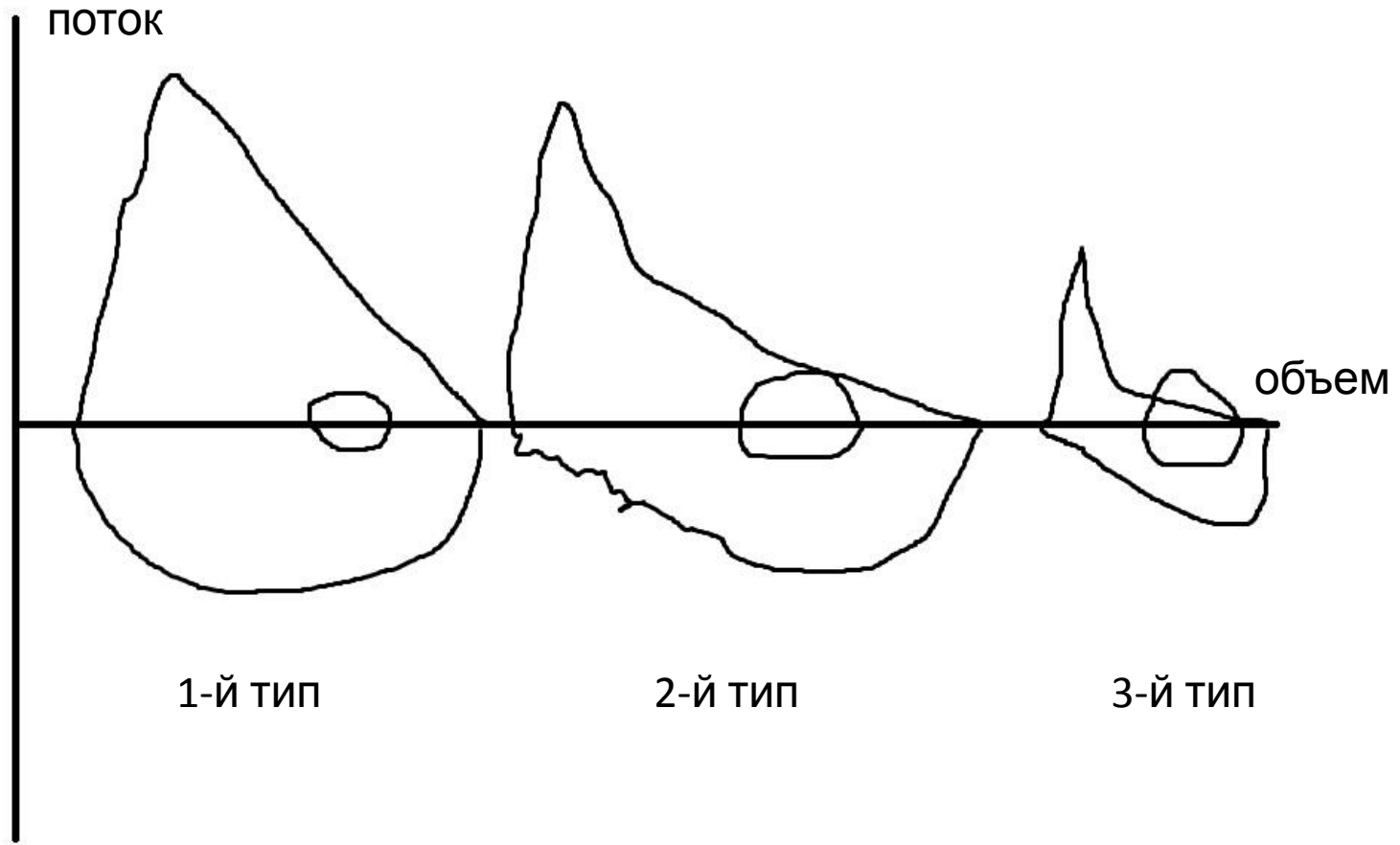


рестриктивное заболевание
легких (легочный фиброз)

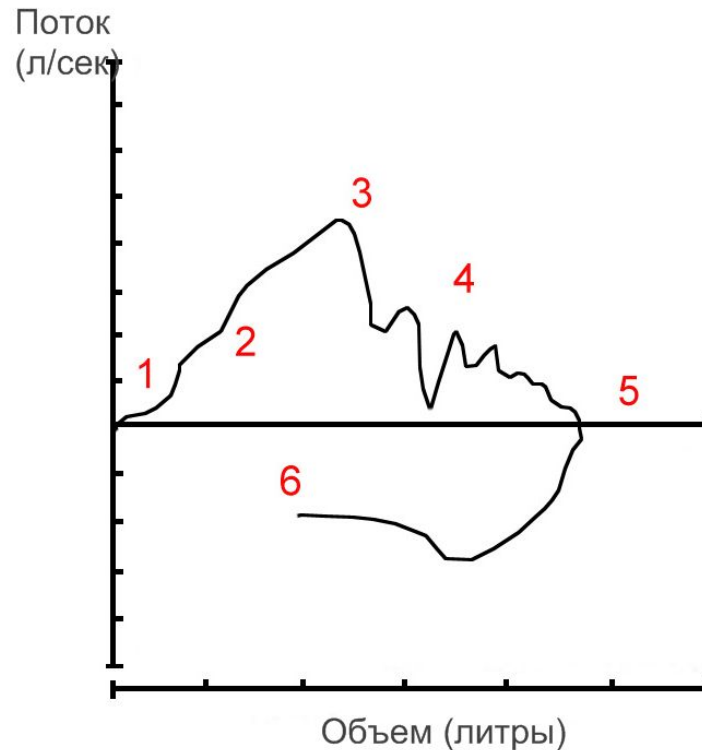


обструкция крупного бронха
(карцинома трахеи)

Сравнение максимальной кривой поток объем и кривой при спокойном дыхании



Кривая «поток-объем» с неприемлемыми характеристиками



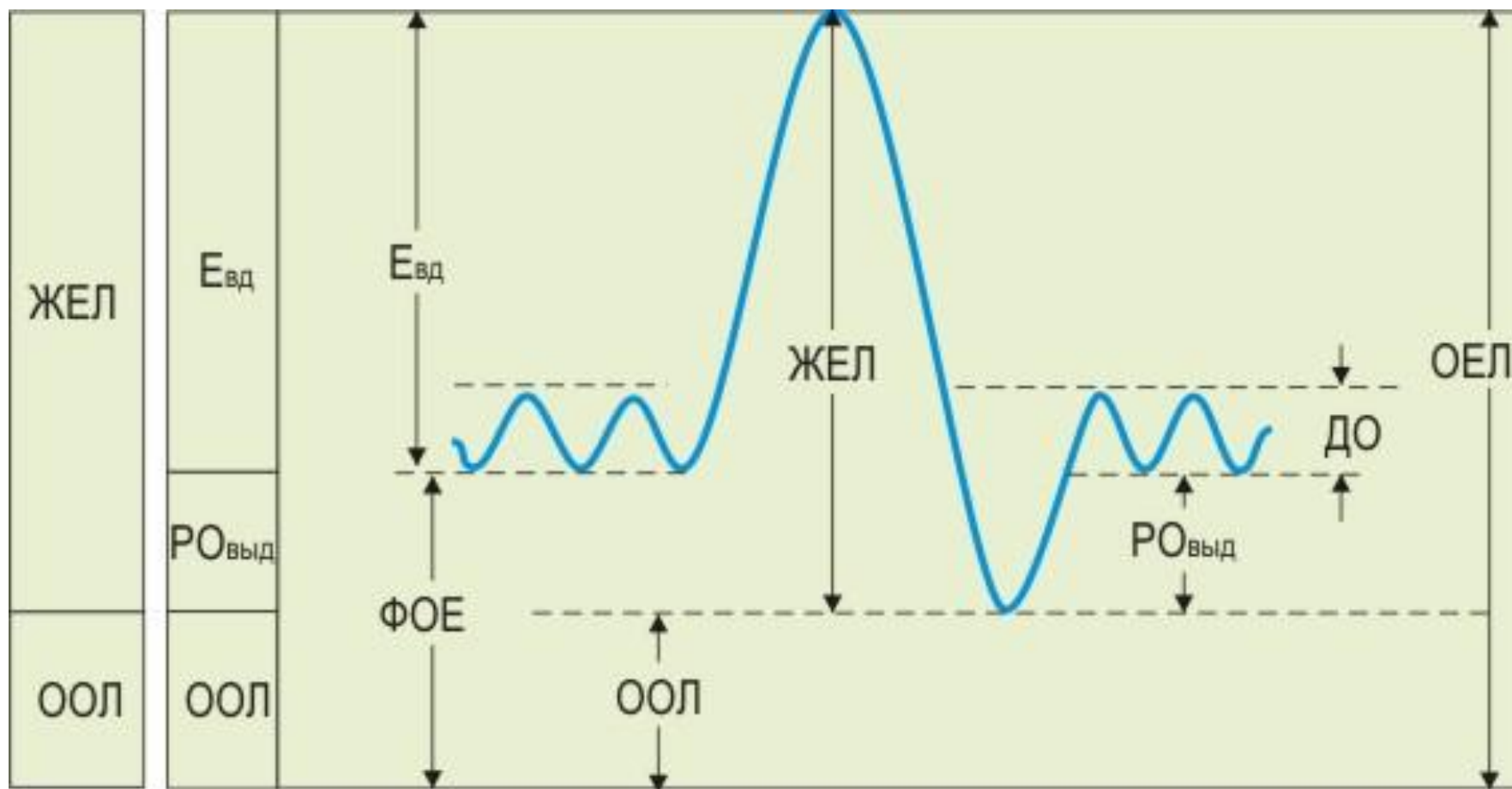
1 – медленный старт; 2 – медленное нарастание потока; 3 – плавный пик; 4 – неровное непрерывное снижение потока (кашель или паузы); 5 – внезапное снижение потока до нуля; 6 – неполный вдох

Измерение легочных объемов

- Подразумевают, как правило, измерение статических объемов.

Наиболее важные из них:

- ЖЕЛ (FVC)
- ООЛ (RV)
- ОЕЛ (TLC)



Показатели, характеризующие легочные объемы и емкости

Легочные объемы	Емкости легких
ДО	Общая емкость Емкость вдоха (ДО+РОвдоха) ЖЕЛ (ДО+РОвдоха+РО выдоха) Функциональная остаточная емкость (ОО+РОвыдоха)
РО вдоха	
РО выдоха	
ООЛ	

ООЛ (остаточный объем)

- Имеет большое клиническое значение.
- Не может быть измерен непосредственно.
- $ООЛ = ООЛ - Ровыд$
- $ООЛ = ОЕЛ - ЖЕЛ$
- Снижение ООЛ может быть единственным физиологическим отклонением у пациентов с заболеваниями грудной клетки (сколиоз, фиброторакс) или патологией внутренних органов (застойная СН, саркоидоз).
- Повышение ООЛ часто у пациентов с ХОБЛ, БА («воздушные ловушки»).

ФОЕ (функциональная остаточная емкость легких)

- ФОЕ или конечный экспираторный объем.
- Объем воздуха в легких после спокойного выдоха.
- $ФОЕ = R_{\text{овыд}} + ООЛ$
- В норме примерно 40-50% ОЕЛ.
- Увеличивается при эмфиземе (снижение эластической отдачи легких).
- Снижается при фиброзе (увеличение эластической отдачи).

Методы определения ФОЕ

1. Метод разведения газов

Разведение гелия или вымывание азота. Простая методика, дешевое оборудование

Пациент подключается к системе и дышит газовой смесью до установления равновесия в спирометре и легких (около 5 минут). Исходя из объема воздуха и концентрации газа, вычисляют ФОЕ.

Методы определения ФОЕ

2. Бодиплетизмография

Пациент помещается внутрь измерительного устройства (боди-камера). Изменения объема измеряются по изменению давления в боди-камере.

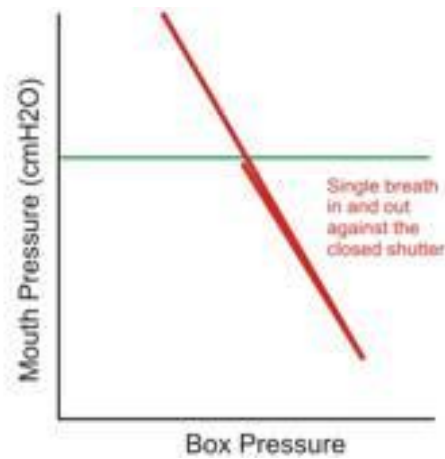
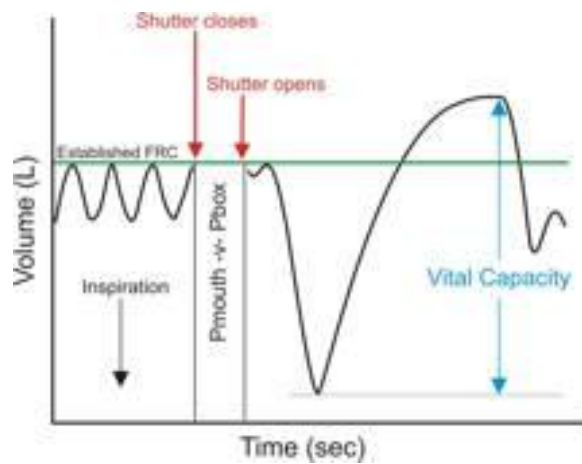
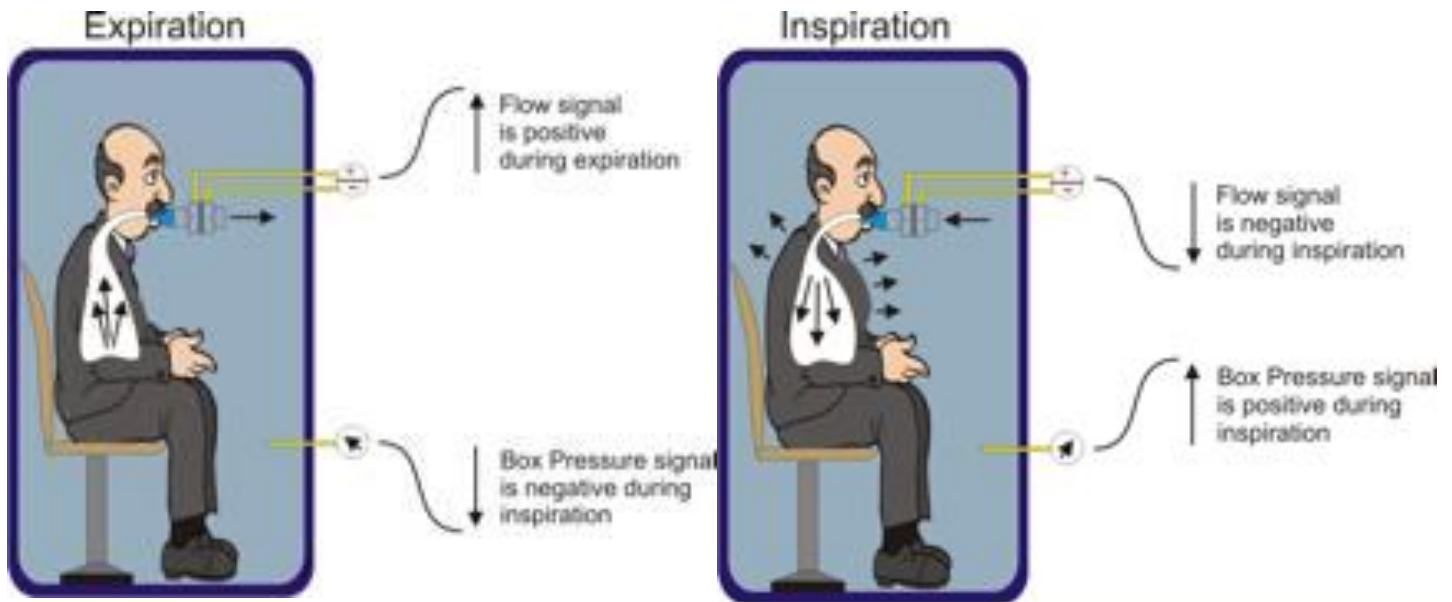
Так же, как и при проведении любого функционального исследования, пациент инструктируется о дыхательных маневрах, которые ему необходимо будет выполнить в процессе исследования. Поскольку кабина при проведении этого исследования должна быть герметично закрыта, нужно с особым тактом подходить к пациентам, страдающим клаустрофобией.

Техника проведения БПГ (1)

- Пациент закрывает нос зажимом, плотно охватывает мундштук губами. Рекомендуется при проведении исследования использовать резиновые загубники (как в масках для ныряния) для большей герметичности контура. Во время исследования пациент придерживает, но не сдавливает щеки, чтобы во время заглушки не было большого разброса внутриротового давления. и воспроизводимых попыток.

Техника проведения БПГ (2)

- Исследование начинается со спокойного равномерного дыхания, измеряется бронхиальное сопротивление. Затем на несколько секунд автоматически активируется заглушка, перекрывается подача воздуха. Пациент во время заглушки имитирует вдох и выдох воздухом, который в данный момент находится у него в дыхательных путях. По окончании заглушки делается максимально глубокий вдох и максимально глубокий выдох (измеряется ЖЕЛ, Евд, РОвыд). По другим методикам производится маневр форсированного выдоха (измеряется $ОФВ_1$ и ФЖЕЛ). Производится не менее 3 приемлемых маневров.



Критерии приемлемости БПГ:

- стабильный уровень ФОЕ (петля должна быть замкнутой, не широкой, угол наклона в попытках одинаковым, оба конца петли ФОЕ видны на графике);
- заглушка закрывается на уровне конца выдоха (ошибка менее 200 мл, включается и выключается автоматически);
- проведено не менее 3 приемлемых попыток ФОЕЛ;
- вариабельность ФОЕЛ менее 5%: наибольшая ФОЕЛ (TGV) – наименьшая ФОЕЛ (TGV) – средняя ФОЕЛ (TGV);
- воспроизводимость 2 лучших ЖЕЛ (SVC) в пределах 150 мл;
- у пациента без признаков бронхообструкции наибольшая ЖЕЛ и наибольшая ФЖЕЛ (из спирограммы) отличаются не более чем на 5% (примерно 150 мл).

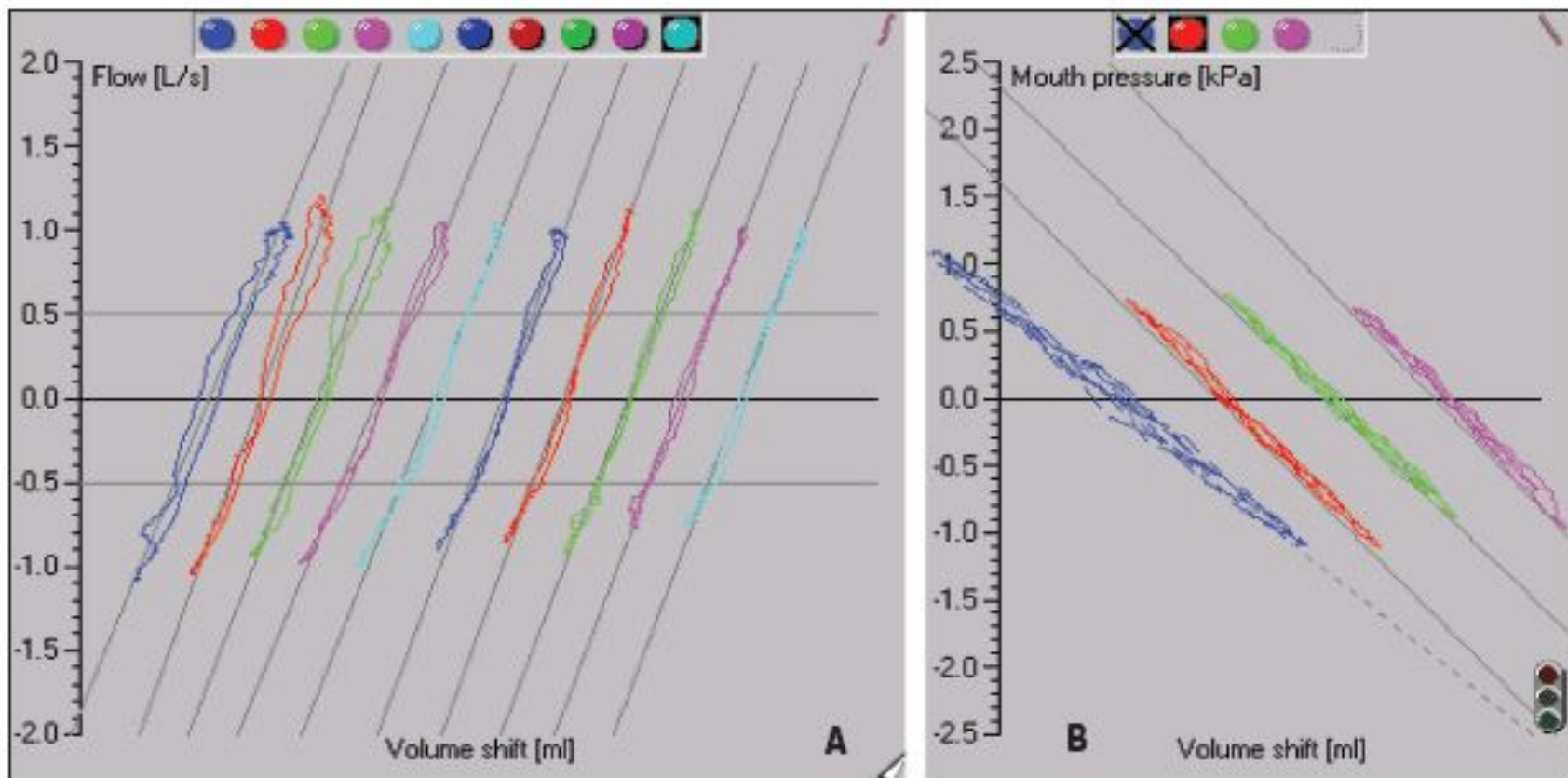


Рис. 1. Бодиплетизмография здорового человека (а, б)

А – кривая сопротивления – петли под равномерным наклоном, не расширенные, без деформаций;
 Б – кривая ФОЕЛ (TGV) – стабильный уровень ФОЕЛ (петля замкнутая, угол наклона в попытках одинаков, оба конца петли ФОЕЛ видны на видимой части графика).

Параметры оценки степени тяжести:

- По мере утяжеления обструкции дыхательных путей ФОЕЛ, ООЛ, ОЕЛ и ОЕЛ/ОЕЛ в результате снижения эластической отдачи легких и/или динамических механизмов имеют тенденцию к увеличению.
- Степень гиперинфляции соответствует степени тяжести бронхообструкции.
- Отмечаются изменения формы и угла наклона петли бронхиального сопротивления.
- При значительной гиперинфляции, высоком бронхиальном сопротивлении значительно изменяется наклон кривых сопротивления и их форма.

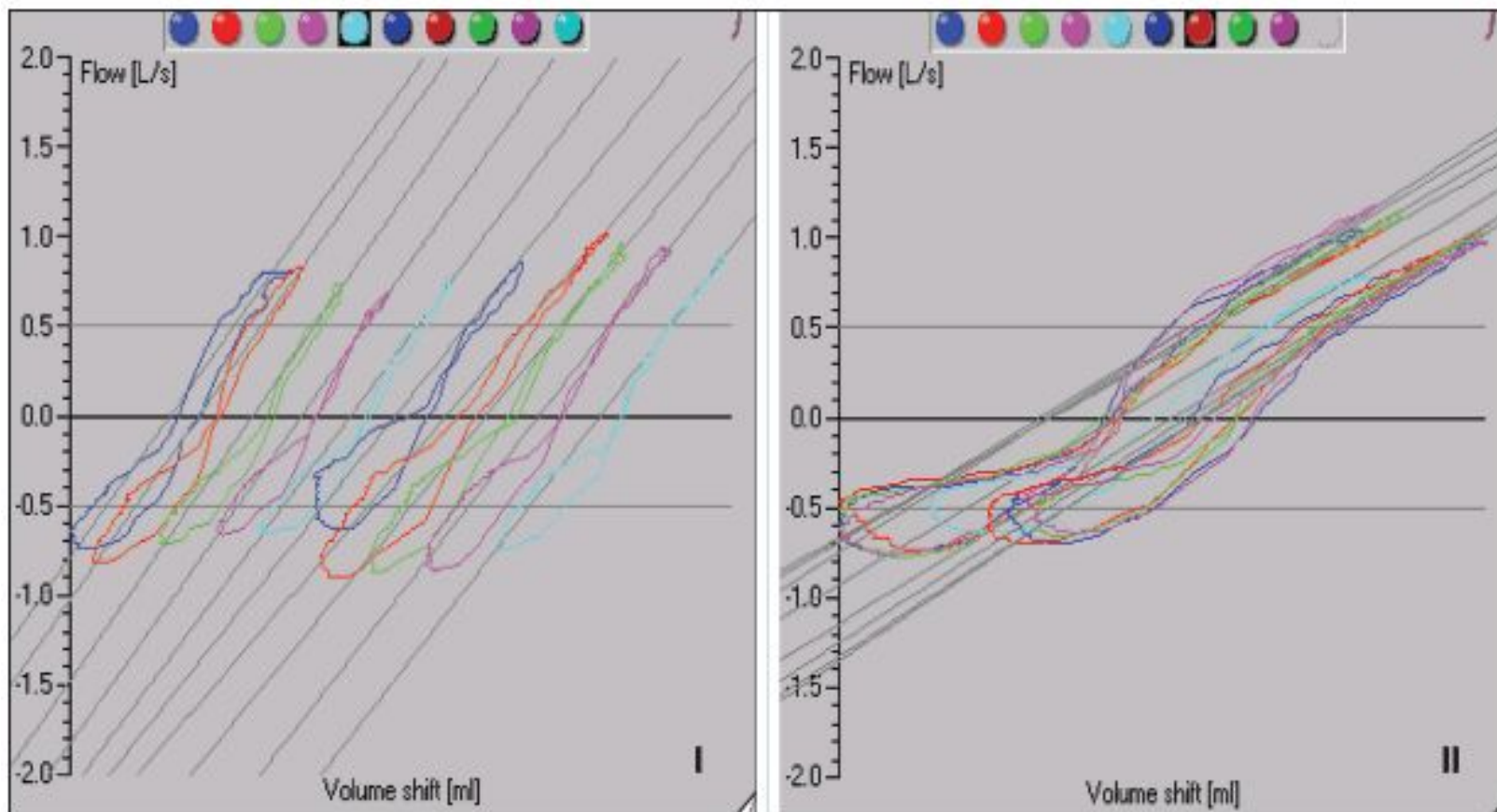


Рис. 2. Кривые при повышенном бронхиальном сопротивлении

I – деформация кривых (подобная форма типична для эмфиземы). Чем больше «животы» на кривых, тем выраженнее эмфизематозные изменения; II – изменение угла наклона и деформация (свидетельство значительной гиперинфляции и высокого сопротивления). Чем больше наклон к горизонтальной оси, тем выше R_{tot} .

БПГ при оценке обратимости бронхообструкции

- Если после ингаляции бронходилататором на спирограмме не отмечается убедительного увеличения $ОФВ_1$, без БПГ можно сделать ложное заключение об отсутствии обратимых изменений.
- Может среагировать другой показатель (уменьшится бронхиальное сопротивление, ООЛ, увеличится емкость вдоха и т.д.), что покажет целесообразность назначения бронхолитика.

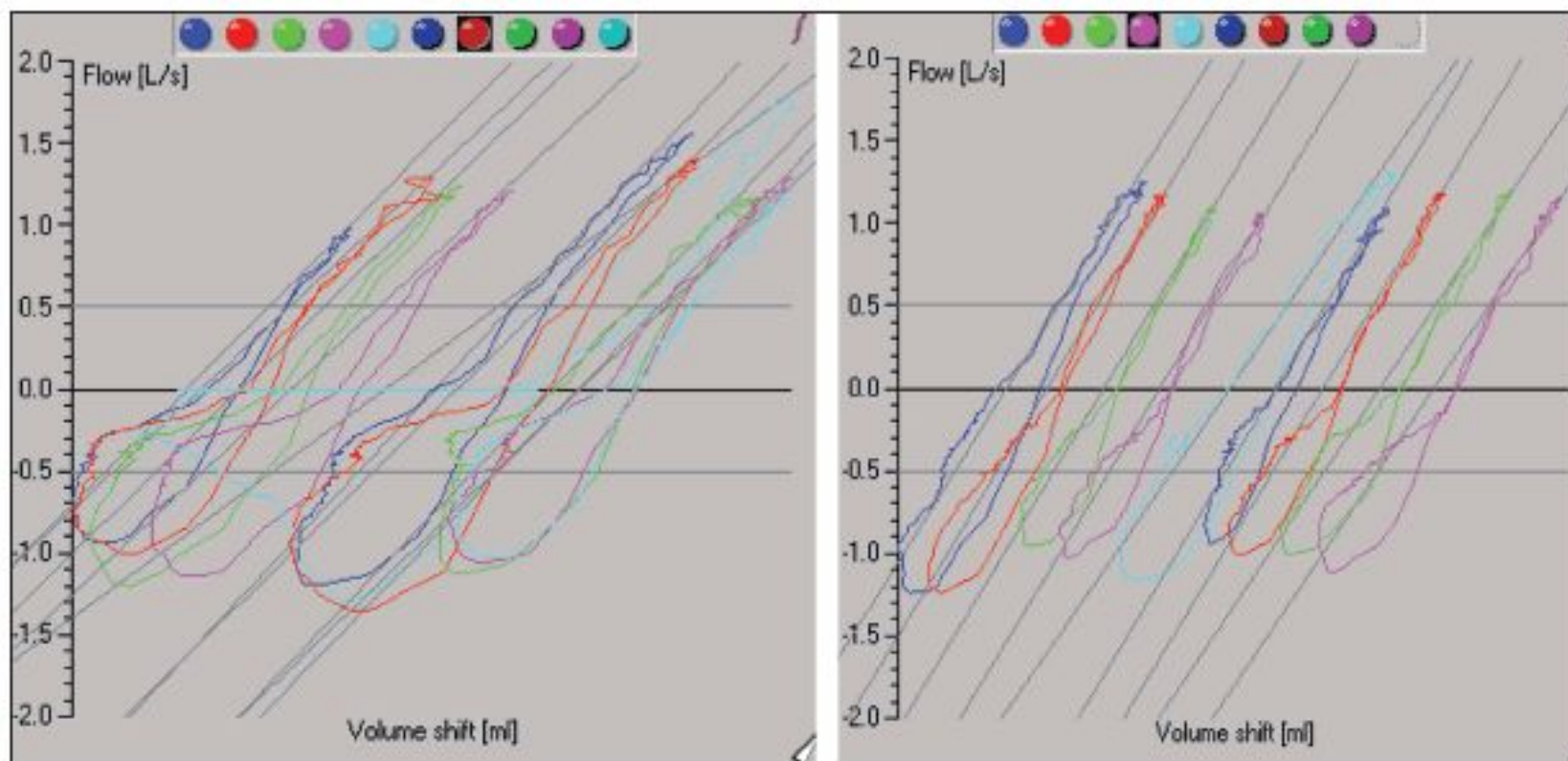
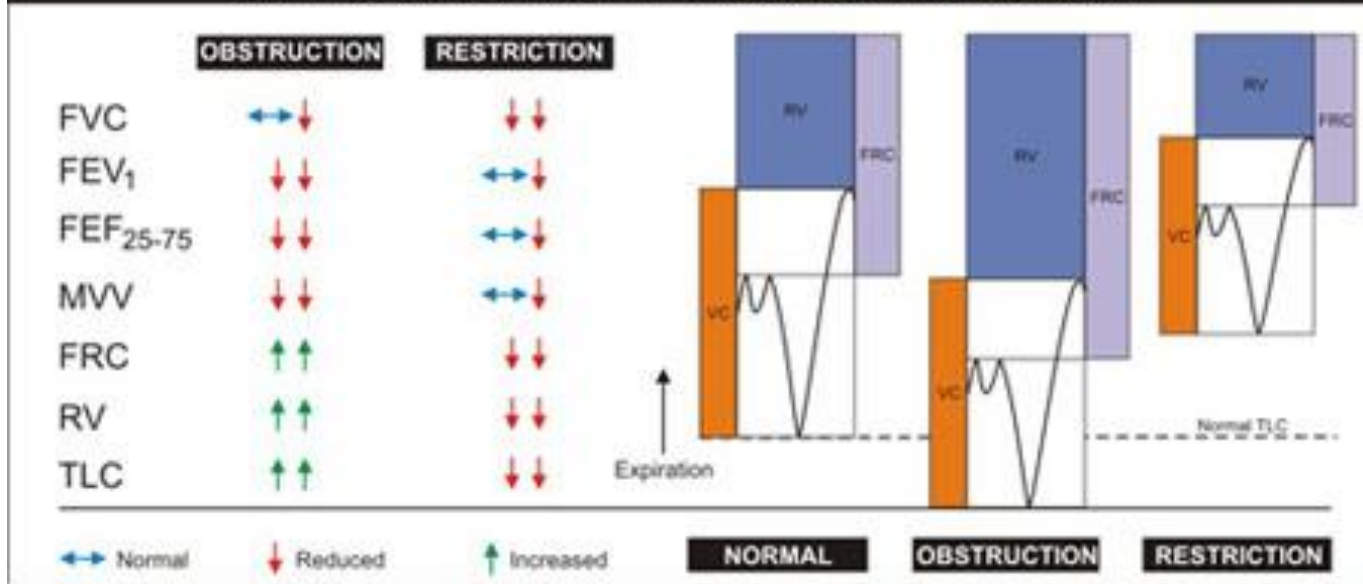


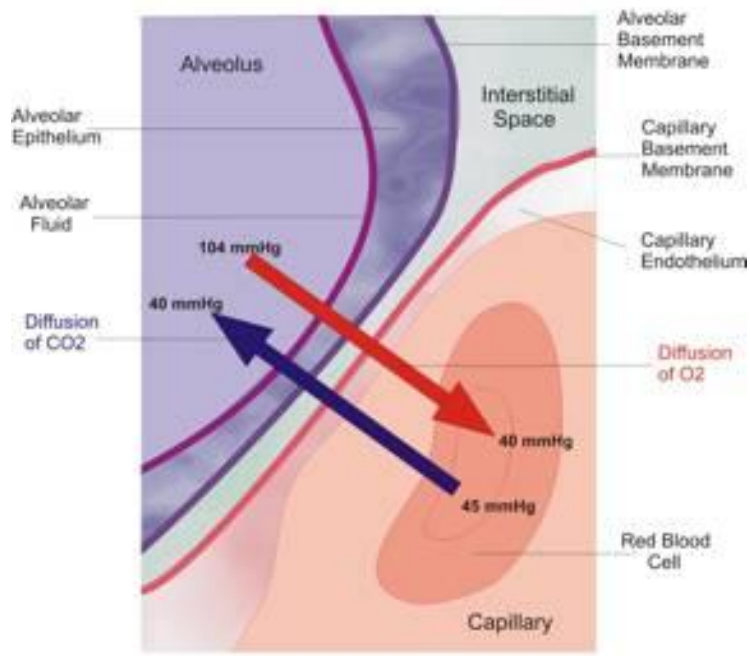
Рис. 4. После пробы с бронхолитиком уменьшились проявления гиперинфляции, кривые стали уже, восстановился угол наклона кривых

Typical Results of Disease on Ventilatory Function and Lung Volumes

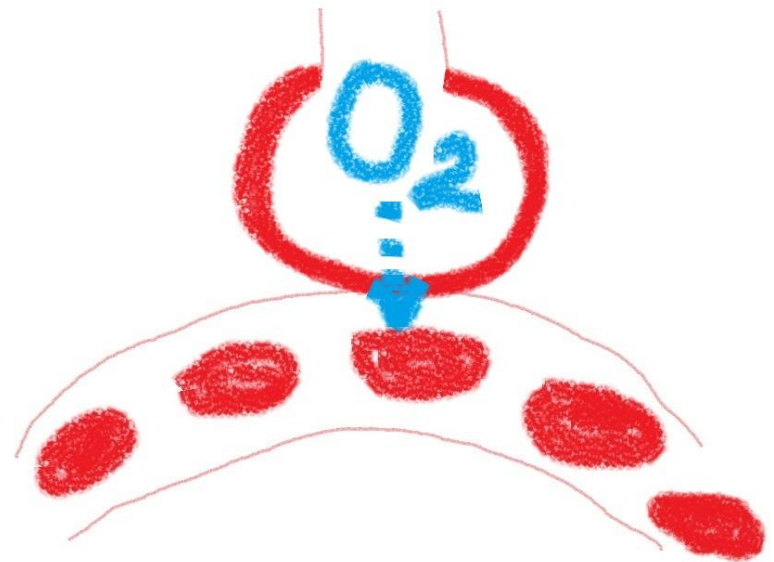
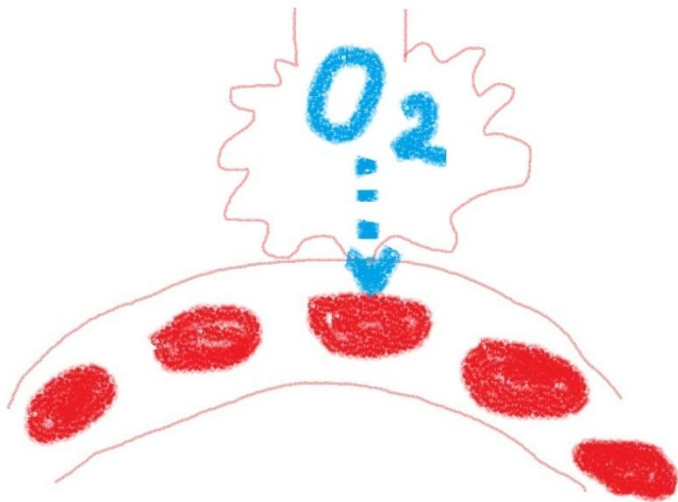
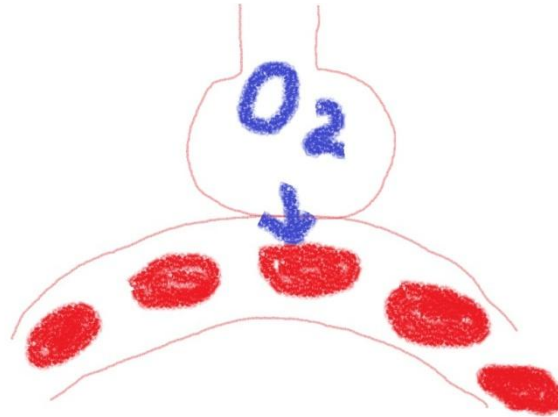


Исследование диффузионной способности легких

- Измерение диффузионной способности легких (ДСЛ) выполняется после выполнения спирометрии или бодиплетизмографии.
- ДСЛ – тест, наиболее часто используемый в клинической практике после спирометрии.
- Применяется у больных рестриктивными и обструктивными заболеваниями, главным образом для диагностики эмфиземы или легочного фиброза.
- При исследовании DLCO определяется как сама диффузионная способность легких (DLCO), так и альвеолярный объем (V_a).



Причины снижения ДСЛ



Показатели, характеризующие вентиляцию легких

- ЧДД
- ДО
- МОД
- Мин.альвеолярная вентиляция
- МВЛ
- Резерв дыхания

Показатели, характеризующие состояние бронхиальной проходимости

- ФЖЕЛ (пробы Тиффно и Вотчала)
- МОСы (пневмотахометрия)

Показатели, характеризующие эффективность легочного дыхания или газообмен

1. Состав альвеолярного воздуха
2. Поглощение кислорода и выделение углекислоты
3. Газовый состав артериальной и венозной крови

Дыхательная недостаточность

- ДН – неспособность системы дыхания обеспечить нормальный газовый состав артериальной крови
- ДН – патологический синдром, при котором парциальное напряжение кислорода в артериальной крови (P_{aO_2}) меньше 60 мм рт. ст. и/или парциальное напряжение углекислого газа (P_{aCO_2}) больше 45 мм рт.ст.

- Напряжение газов крови для конкретного индивидуума может зависеть от разных факторов, таких как барометрическое давление, фракция кислорода во вдыхаемом воздухе, положение и возраст пациента (зависимость P_{aO_2} от возраста выражается уравнением:
 - $P_{aO_2} = 104 - 0,27 * \text{возраст}$)

- ХДН развивается в течение месяцев/лет. Начало ее может быть незаметным, постепенным, исподволь, или она может развиться при неполном восстановлении после ОДН. Длительное существование ХДН позволяет включиться компенсаторным механизмам – полицитемии, повышению сердечного выброса, задержке почками бикарбонатов (приводящей к коррекции респираторного ацидоза).

Различают две большие категории ДН:

- **гипоксемическую** – паренхиматозную, легочную (ДН I типа),
- **гиперкапническую** – вентиляционную, “насосную” (ДН II типа)

Гипоксемическая ДН

- характеризуется гипоксемией и нормо- или гипокапнией.
- возникает на фоне паренхиматозных заболеваний легких (альвеолиты, легочные фиброзы, саркоидоз)

Вентиляционная ДН

- Кардинальный признак – гиперкапния, гипоксемия также присутствует, но она обычно хорошо поддается терапии кислородом.
- может развиваться вследствие нарушений функции “дыхательной помпы” и дыхательного центра. ХОБЛ и дисфункция дыхательной мускулатуры – наиболее частые причины, за ними следуют ожирение, кифосколиоз, заболевания, сопровождающиеся снижением активности дыхательного центра и др.

По типу нарушения механики дыхания

- обструктивная ДН
- рестриктивная ДН

- При снижении общей емкости легких менее 80% от должных значений, пропорциональном уменьшении всех легочных объемов и нормальном соотношении отношения Тиффно FEV_1/VC ($> 80\%$) говорят о **рестриктивном синдроме**.

- Для **обструктивного синдрома** характерно снижение отношения FEV_1/V_C , снижение потоковых показателей, повышение бронхиального сопротивления и увеличение легочных объемов.
- Возможно наличие комбинации рестриктивных и обструктивных нарушений.

- **Классификация дыхательной недостаточности по степени тяжести** основана на газометрических показателях.
- Данная классификация имеет большое практическое значение: степень II предполагает назначение кислородотерапии, а степень III – респираторной поддержки.

Степени ДН

Степень	P_aO_2, мм рт.ст.	SaO_2, %
Норма	≥ 80	≥ 95
I	60–79	90–94
II	40–59	75–89
III	< 40	< 75

Клинические проявления ХДН

- зависят от этиологии и типа ХДН, ее тяжести.
- Наиболее универсальными симптомами ХДН являются: диспноэ, признаки и симптомы гипоксемии, гиперкапнии, дисфункции дыхательной мускулатуры.

- Диспноэ при ХДН чаще всего определяется больным как “ощущение дыхательного усилия” и связано с активностью инспираторных мышц и дыхательного центра. Гипоксемия и гиперкапния также вносят вклад в развитие диспноэ, однако корреляция между значениями P_{aO_2} , P_{aCO_2} и выраженностью диспноэ слабая.
- Известный пример с больными ХОБЛ: “синие отечники” имеют выраженные нарушения газообмена, но одышка у них выражена меньше по сравнению с “розовыми пыхтельщиками”, у которых газообмен относительно сохранен

- **Поэтому диагностика, оценка тяжести и классификация ХДН не могут быть основаны на градациях диспноэ!**

- Гипоксемией считается снижение P_{O_2} ниже 60 мм.рт.ст.

Клинические проявления гипоксемии

- 1. Изменения со стороны органов-мишеней** (наиболее чувствительным является головной мозг): при $PaO_2 < 55$ мм рт.ст нарушается память, при $PaO_2 < 30$ мм рт.ст. – потеря сознания
- 2. Цианоз.** Отражает тяжесть гипоксемии независимо от ее причины. Появляется при $PaO_2 < 60$ мм рт. ст. и $SaO_2 < 90\%$
- 3. Гемодинамические эффекты.** Тахикардия и умеренная артериальная гипотензия.
- 4. Вторичная полицитемия**
- 5. Легочная артериальная гипертензия.**

- Гиперкапния – повышение P_aCO_2 более 45 мм рт.ст.

Клинические проявления гиперкапнии

- являются гемодинамические эффекты (тахикардия, повышение сердечного выброса, системная вазодилатация)
- эффекты со стороны ЦНС (хлопающий тремор, бессонница, частые пробуждения ночью и сонливость в дневное время, утренние головные боли, тошнота)

Другие признаки ДН

- Тахипное (выше 25) может являться признаком начинающегося утомления дыхательных мышц
- Брадипное (менее 12) является более серьезным прогностическим признаком, чем тахипное, так как может быть предвестником остановки дыхания.
- “Новый” паттерн дыхания (вовлечение дополнительных групп дыхательных мышц, **напряжение мышц шеи**, активное сокращение брюшных мышц во время выдоха, **парадоксальное дыхание**)

- “Золотым стандартом” оценки ХДН является газовый анализ артериальной крови.
- Важнейшими показателями являются P_aO_2 , P_aCO_2 , pH и уровень бикарбонатов (HCO_3^-) артериальной крови
- Серийное или динамическое исследование этих показателей имеет большее значение, чем однократный анализ.

- Обязательным критерием ХДН является гипоксемия. В зависимости от формы ХДН возможно развитие как гиперкапнии ($P_aCO_2 > 45$ мм рт.ст), так и гипокапнии ($P_aCO_2 < 35$ мм рт.ст.). Повышенный уровень бикарбонатов (HCO_3^- - более 26 ммоль/л) говорит о предшествующей хронической гиперкапнии, так как метаболическая компенсация респираторного ацидоза требует определенного времени – не менее 3 сут

- Наряду с показателями газового состава крови основные тесты **функции внешнего дыхания** (ФВД) позволяют не только оценивать тяжесть ХДН и вести наблюдение за состоянием больного, но и определять возможные механизмы развития ХДН, оценивать ответ больных на проводимую терапию. Различные тесты ФВД позволяют охарактеризовать проходимость верхних и нижних дыхательных путей, состояние легочной паренхимы, сосудистой системы легких и дыхательных мышц.

- Использование простых показателей ФВД – оценки пикового экспираторного потока (PEF), спирографии может быть полезным для первичной оценки тяжести функциональных нарушений и динамического наблюдения за больными. В более сложных случаях используются бодиплетизмография, диффузионный тест, оценка статического и динамического комплаенса легких и респираторной системы, эргоспирометрия. Большое значение в настоящее время придается оценке функции дыхательных мышц.

Типы ДН:

- Рестриктивный
- Обструктивный
- Смешанный

Формы ДН:

- Вентиляционная
- Альвеолярно-респираторная (частичная и полная)

Механизмы недостаточности функции внешнего дыхания

(по Б.Е. Вотчалу):

<p>1.</p> <p>Нарушение альвеолярной вентиляции</p>	<p>2.</p> <p>Нарушение соотношения вентиляция - перфузия</p>	<p>3.</p> <p>Нарушение диффузии газов через альвеолярно-капиллярную мембрану</p>
---	---	---

Причины нарушения соотношения В/П:

- появление вентилируемых, но не перфузируемых альвеол (эмболия легочной артерии)
- перфузия невентилируемых альвеол (пневмония, ателектаз)
- наличие сосудистого шунта справа налево

Причины нарушения диффузии газов:

- Пневмофиброз различной этиологии
- Альвеолиты различной этиологии
- «Шоковое легкое»

Временные критерии определения процента утраты трудоспособности

(приложение №1 к постановлению МТ РФ № 56 от 18.07.2001 г.)

Признак	ДН3	ДН2	ДН1-2	ДН1
Одышка	В покое	Нет в покое	При умер. ф/н	При знач. ф/н
ЧД, в мин	30 и более	21-29	До 20	16-20
Учащение ЧД после физ. н.	На 15-20	На 12-16	На 12-16	На 10-12
ЧСС, в мин	130 и более	100-129	90-99	Менее 90
Печень, отеки	+	+ –	–	–
ЖЕЛ (%)	До 50	50-55	56-79	80-90
МВЛ (%)	До 50	51-54	55-58	60-74
ИТ (%)	Менее 40	54-40	74-55	85-74
ЭКГ	ГПЖ	ГПЖ	ГПЖ	Компенс.ГПЖ
МОС (%)	Менее 37,7	48,4-37,8		74,1-46,3
МОС 25 (%)	Менее 33,3	52,8-33,3		69,8-41,8
МОС 50 (%)	Менее 20,8	32,6-20,8		62,6-30,8
МОС 75 (%)	Менее 27,9	41,1-27,9		54,8-41,6
ОФВ (%)	Менее 35	54-35		74-55