

Функциональная диагностика органов дыхания

Спирография

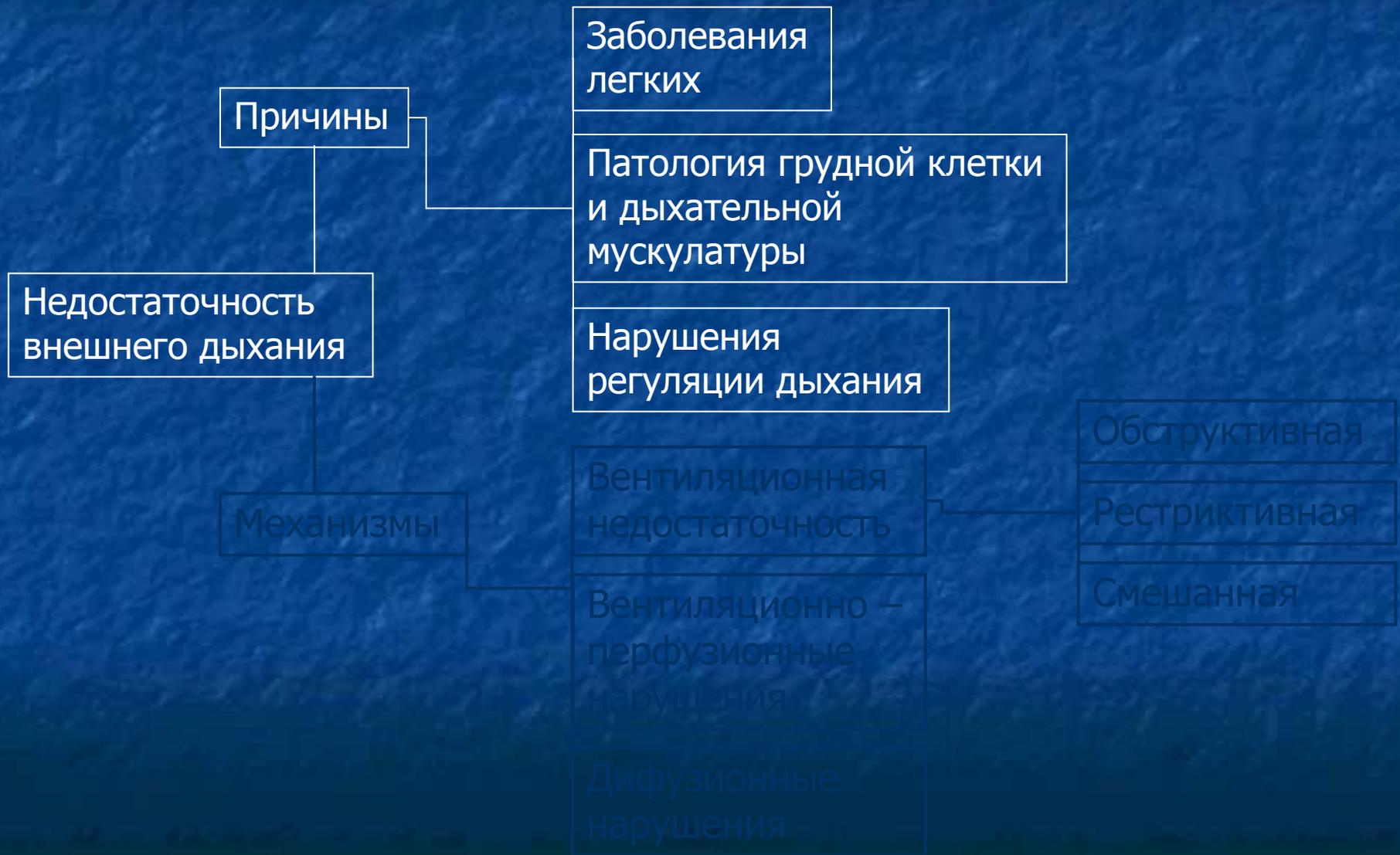
Дыхание -

процесс, сопровождающийся обменом O_2 и CO_2 между тканями организма и внешней средой.

Этапы дыхания:

- *легочная вентиляция*
- *легочный газообмен*
- *транспорт газов кровью*
- *тканевое дыхание*

Основные виды недостаточности внешнего дыхания



Области применения спирографии:

Диагностика:

- 1) установление причины респираторных жалоб больного, клинических симптомов либо отклонений в лабораторных показателях;
- 2) оценка влияния болезни на легочную функцию;
- 3) скрининг популяций людей с высоким риском легочных заболеваний;
- 4) предоперационная оценка риска;
- 5) оценка прогноза заболевания;
- 6) оценка функционального состояния перед участием пациента в программах с физическими нагрузками высокого уровня.

Наблюдение

- 1) оценка эффективности лечебных мероприятий;
- 2) мониторинг течения заболевания с нарушением легочной функции;
- 3) наблюдение за популяциями лиц, подвергающихся воздействию неблагоприятных факторов;
- 4) мониторинг побочных эффектов лекарств с известной способностью вызывать повреждения легких.

Области применения спирографии:

Экспертная оценка нетрудоспособности

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

Общественное здоровье

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

Показания для проведения спирогографического исследования

- Диагностика заболевания
- Динамическое наблюдение (прогноз течения заболевания, оценка эффективности проводимого лечения, т.д.)
- Оценка степени риска респираторных нарушений при оперативных вмешательствах
- Экспертиза трудоспособности
- Скрининговый мониторинг людей с риском развития заболевания органов дыхания (лица старше 45 лет с анамнезом курения, имеющие профессиональные вредности и т.д.)
- Экспертная оценка заболеваний, связанных с профессиональными вредностями (химическое производство, пожарные, строители, сварщики и т.д.).
- Скрининговый мониторинг (профилактические и массовые осмотры населения и т.д.).
- Оценка лёгочной функции у лиц с патологией других органов и систем.

Абсолютные противопоказания для проведения спирографического исследования

1. Дети младших возрастных групп (до 4 лет).
2. Умственно неполноценные лица.
3. Незаинтересованные в исследовании лица.
4. Лица, страдающие тяжелой степенью легочно-сердечной недостаточности.
5. Лица, страдающие миастенией.
6. Легочное кровотечение.
7. Недавно перенесенный инфаркт миокарда (<3 месяцев).
8. Недавно перенесенный инсульт (<3 месяцев).
9. Гипертонический криз, высокое артериальное давление.
10. Выявленная аневризма (торакальная, абдоминальная, церебральная) или подозрение на нее.
11. Выраженный болевой синдром любой локализации.
12. Недавно проведенное хирургическое вмешательство на органах грудной клетки, брюшной полости.
13. Эпилепсия, требующая медикаментозного лечения.
14. Деменция, спутанность сознания.
15. Осложненная беременность.
16. Травмы и заболевания челюстно-лицевого аппарата, при которых невозможно добиться герметичности подсоединения к загубнику

Относительные противопоказания для проведения спирографического исследования

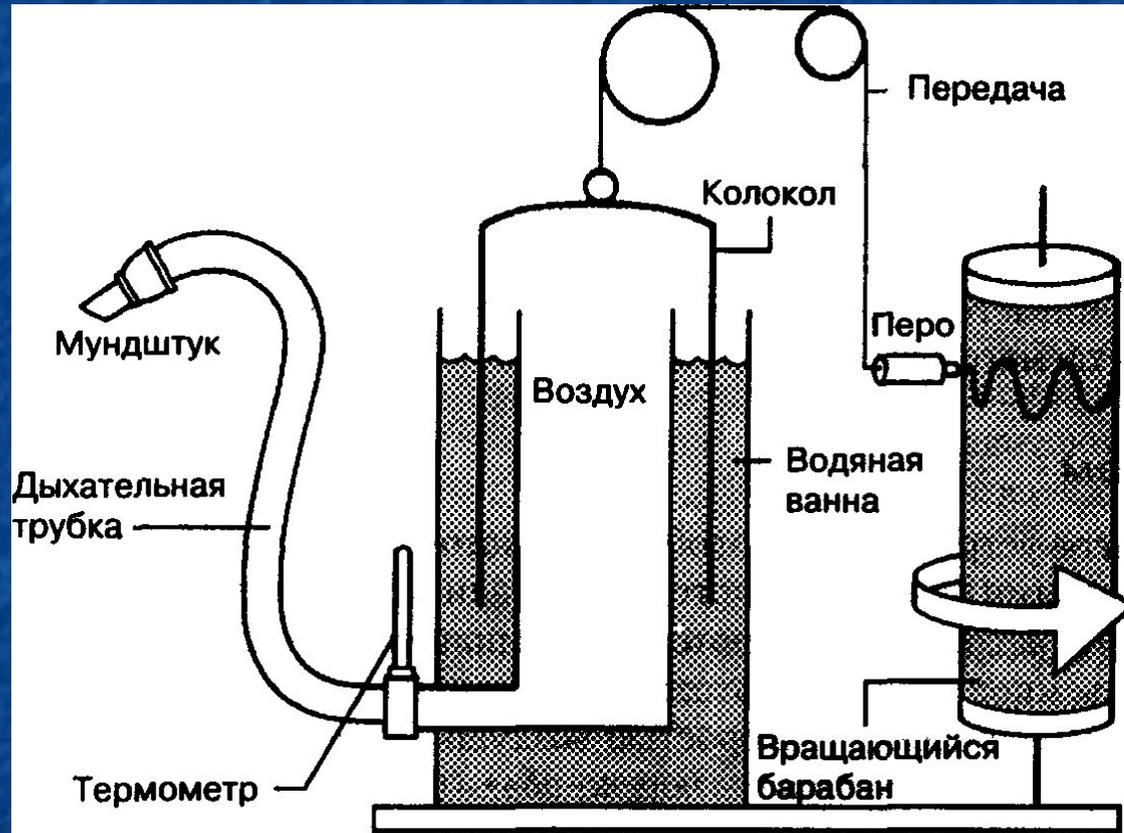
1. Наличие языкового барьера.
2. Выраженное снижение слуха.
3. Высокая температура.
4. Сильный приступообразный кашель.
5. Гнойные отиты.
6. Любые острые инфекционные заболевания.
7. Кровохаркание любой этиологии.
8. Выраженное ожирение (IV ст.).

ФЕДЕРАЛЬНЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕТОДА СПИРОМЕТРИИ, 2013 г.

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

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

Устройство спирографа



Обычный водяной спирометр. Наполненный воздухом цилиндр, погруженный в сосуд с водой, соединен с вращающимся барабаном, на котором записываются показания спирографа. Барабан вращается с определенной скоростью, бумага на барабане калибрована, что позволяет измерять изменения объема легких и скорость потока воздуха

Условия проведения спирографии:

- В утренние часы
- Натощак
- После отдыха 15-20 мин
- В положении сидя/стоя (пациентам с ожирением)
- С носовым зажимом
- *После проверки герметичности спирографа/герметичности присоединения пациента*

Условия проведения спирометрии:

- за час до исследования рекомендуется воздержаться от курения, употребление алкоголя – за 4 ч до исследования, значительные физические нагрузки – за 30 мин до исследования.
- Одежда пациента не должна стягивать грудную клетку и живот.
- отмена бронхолитических препаратов :
 - β_2 -агонисты короткого действия за 6 часов до исследования,
 - длительно действующие β_2 -агонисты за 12 часов,
 - пролонгированные теофиллины за 24 часа.
- после подробного инструктирования пациента
- после калибровки спирометра

Калибровка спирометра

Все спирометрические параметры измеряют при условиях окружающей среды **ATPS**-условиях измерения

(A -ambient temperature pressure saturated = лабораторные условия):

T-температура (T_{атм.})

P-давление (P_{атм.}) окружающей среды,

S-при полном насыщении водяным паром (P_{H2O} = давление насыщенного пара при T_{атм.}).

Далее необходимо преобразовать полученные данные в условия измерения **BTPS**

(B-body temperature pressure saturated = условия организма):

T-температура тела (37 °C = 310 K),

P-окружающее давление (P_{атм.})

S-полное насыщение водяным паром (P_{H2O} = 6,3 кПа).

При калибровке спирометра должны вноситься соответствующие поправки!!!

Объем шприца, используемого для калибровки объема, должен составлять 3 литра и иметь точность ± 15 мл, или $\pm 0,5\%$ от всего диапазона измерений

Основные пробы:

ДО – 2-3 мин

ЖЕЛ вд/ЖЕЛ выд – 3 попытки

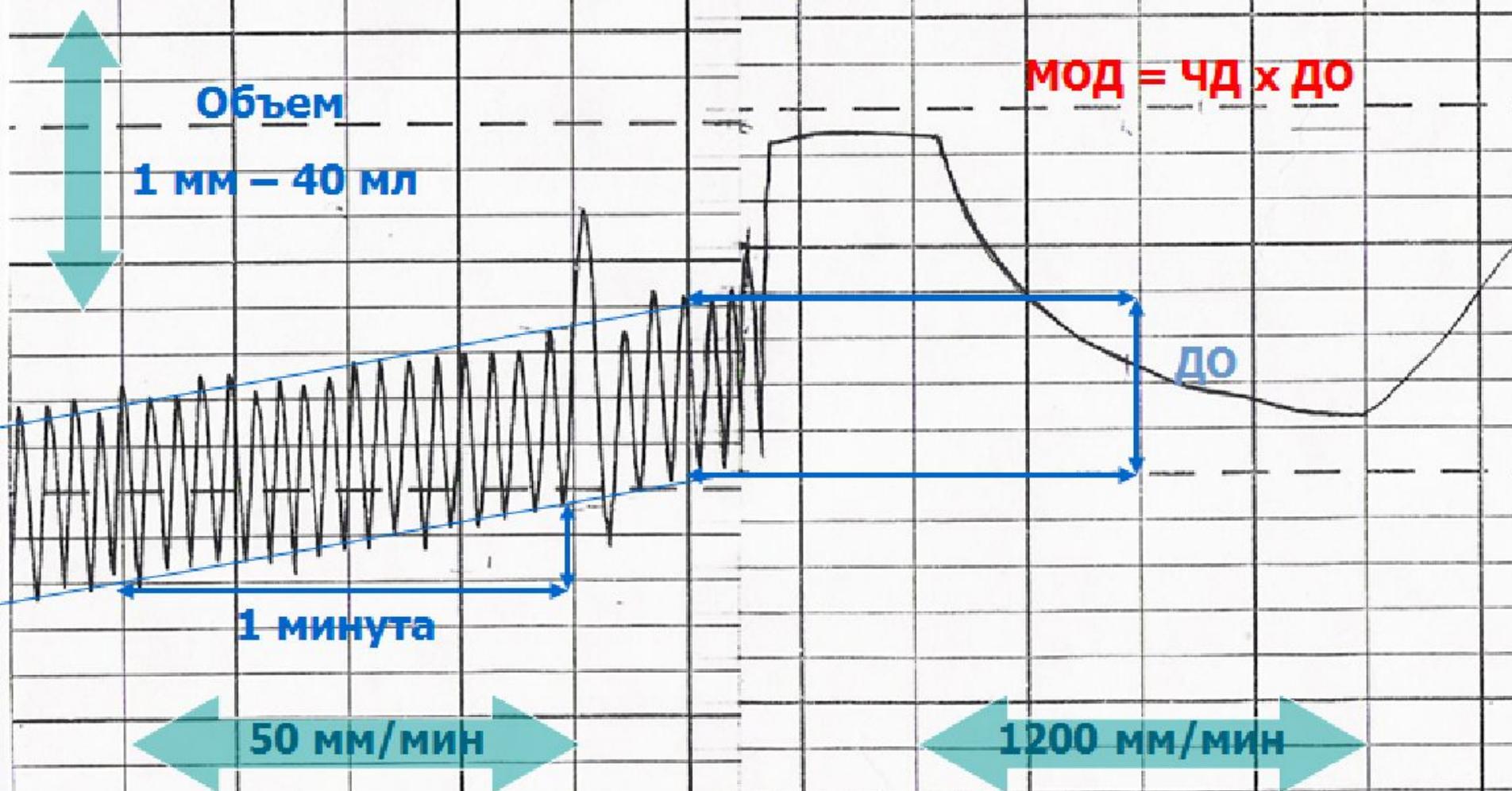
ФЖЕЛ – 3 попытки

МВЛ (у спортсменов)- 20 секунд - для
оценки резерва дыхания

Правила выполнения маневра ЖЕЛ

1. Предварительный выдох не должен быть форсированным.
2. Глубокий вдох не должен быть быстрым и продолжаться 5-6 сек.
3. Скорость вдоха должна быть постоянной.
4. Может быть выполнены последовательно ЖЕЛвд и сразу за ней ЖЕЛвыд, при этом скорость движения воздуха должна быть примерно одинаковой.
5. В конце глубокого выдоха скорость движения воздуха должна быть не более 25 мл/сек.
6. Должны быть выполнены как минимум три попытки измерения ЖЕЛ.
7. Между попытками дается отдых не менее 1 мин.
8. Исследование прекращают, когда различия наибольших значений ЖЕЛ не превышают 150 мл.

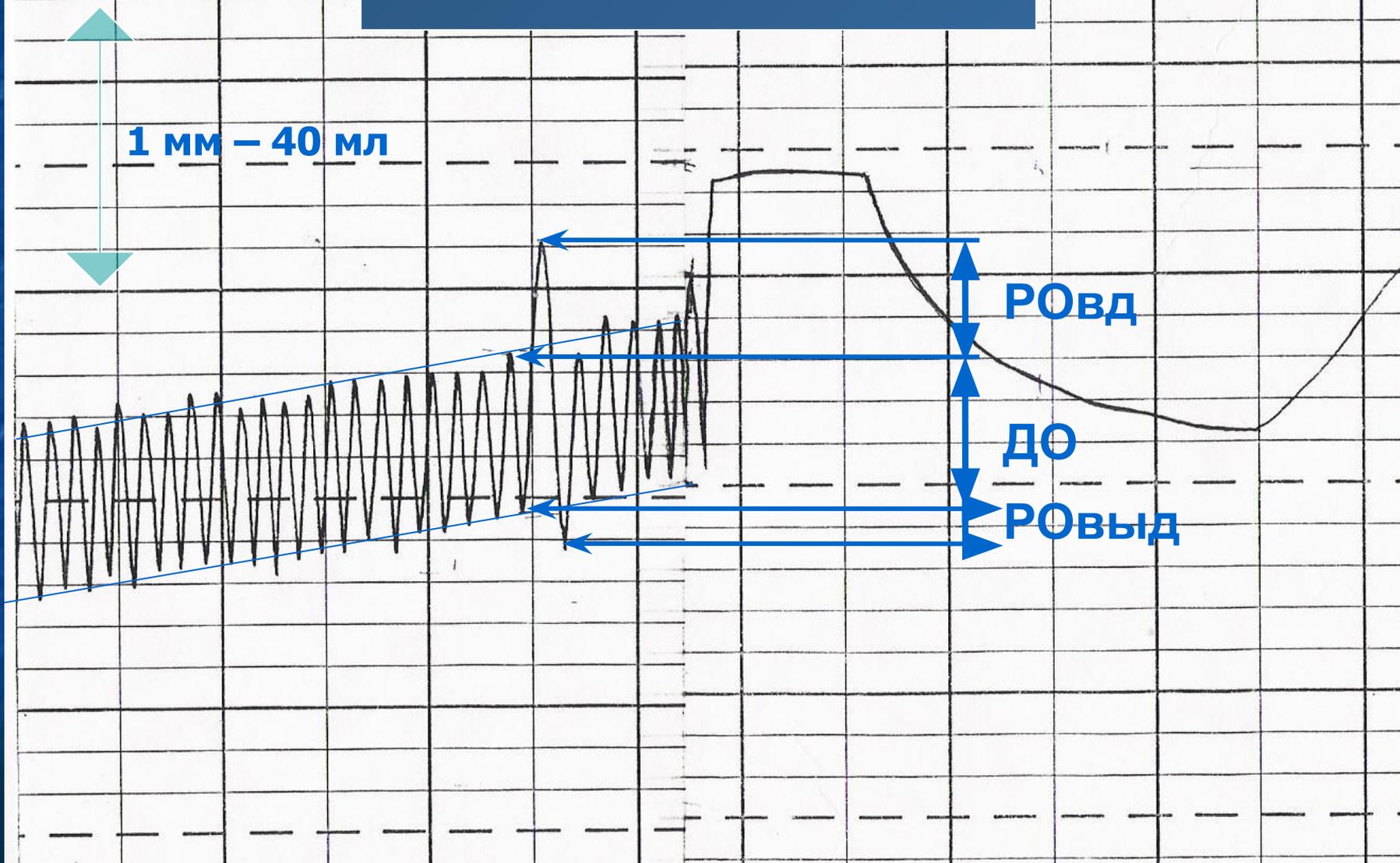
Определение ЧД и МОД.



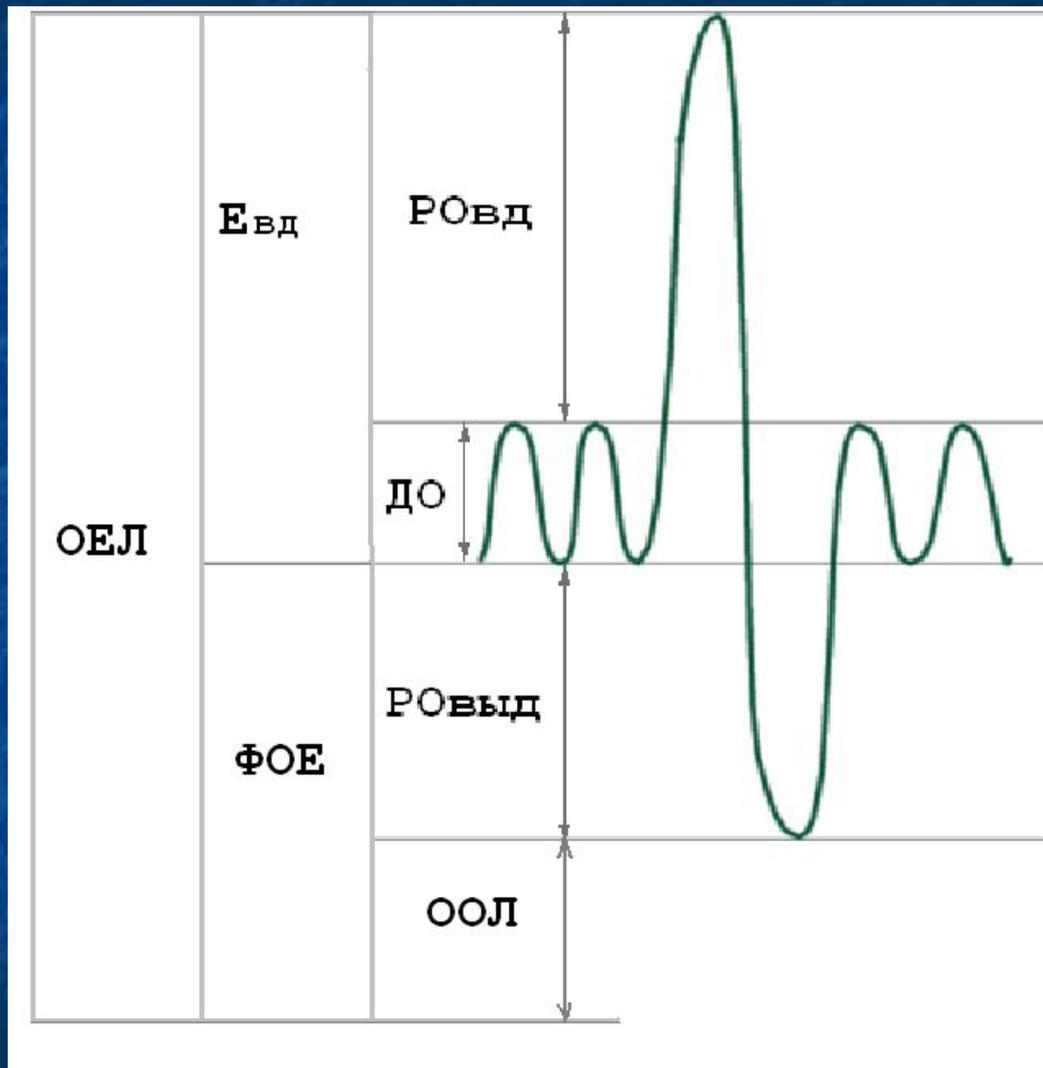
Последовательность действия при проведении пробы ФЖЕЛ

1. Провести подробный инструктаж пациента.
2. Проверить правильность положения пациента, положения головы, положение носового зажима и мундштука.
3. Полный быстрый вдох от уровня функциональной остаточной ёмкости – объёма воздуха, остающегося в лёгких после спокойного выдоха с паузой не более 1 сек на уровне общей ёмкости лёгких – максимального количества воздуха, которое могут вместить лёгкие на высоте глубокого вдоха.
4. Максимально быстрый и полный выдох без замедлений до конца (до уровня остаточного объёма лёгких – объёма воздуха, остающегося в лёгких после максимального вдоха).
5. Повторить пробу ФЖЕЛ не менее 3 раз (обычно не более 8 раз).
6. Проверить повторяемость результатов, при необходимости повторить пробу.

Определение легочных объемов

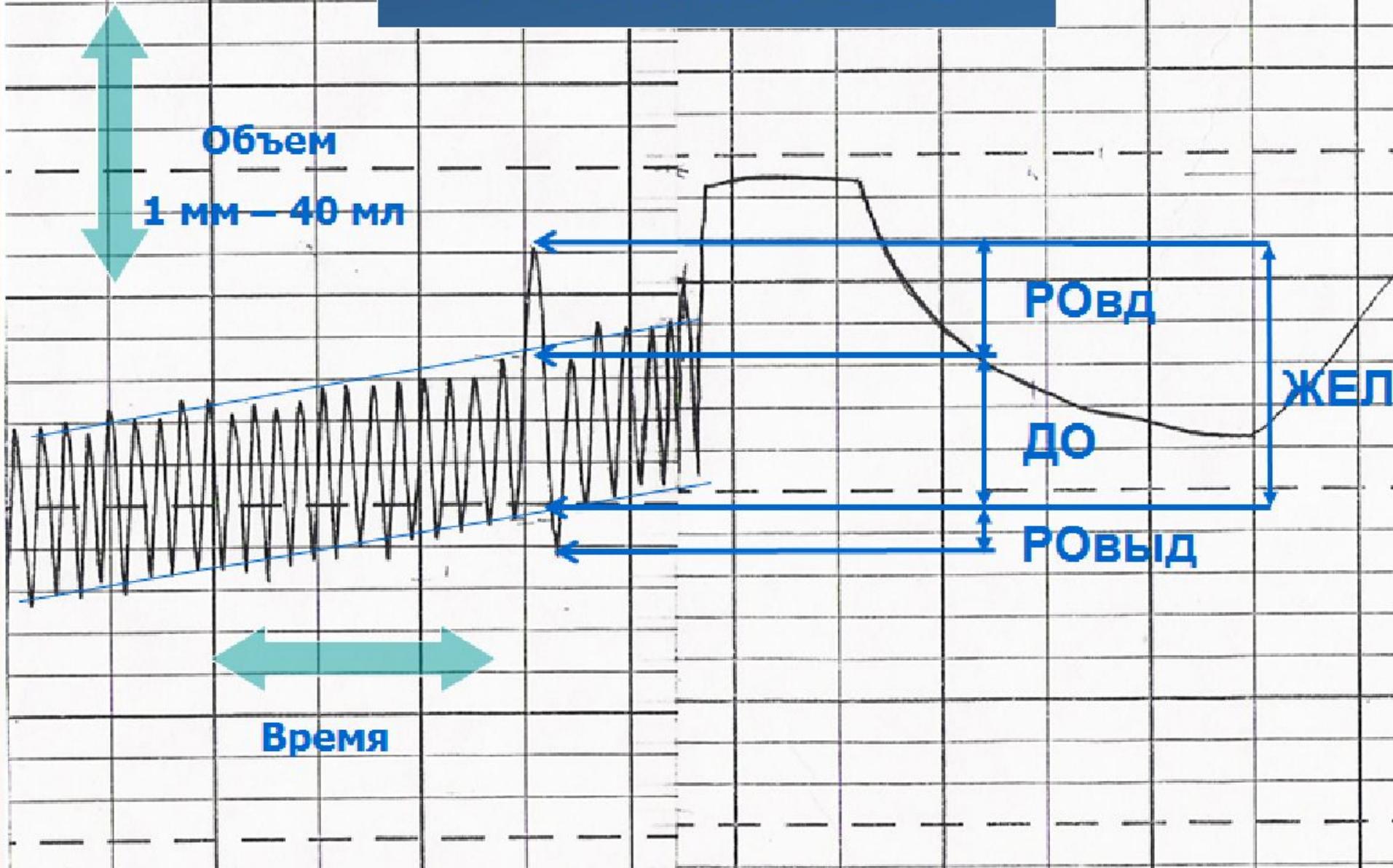


Легочные объемы и емкости



$$\text{ЖЕЛ} = \text{РО}_{\text{ВД}} + \text{ДО} + \text{РО}_{\text{ВЫД}}$$

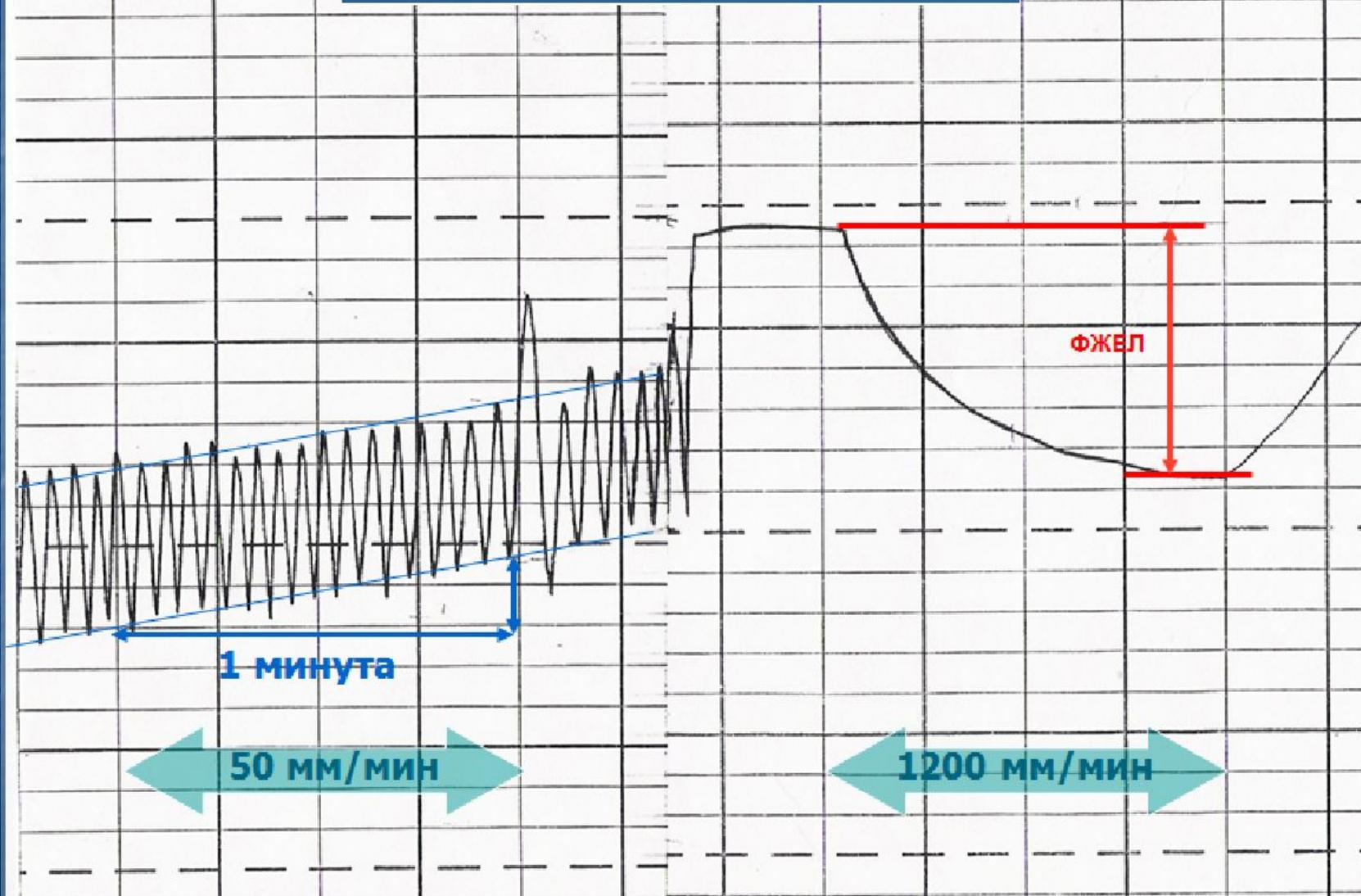
Определение легочных объемов



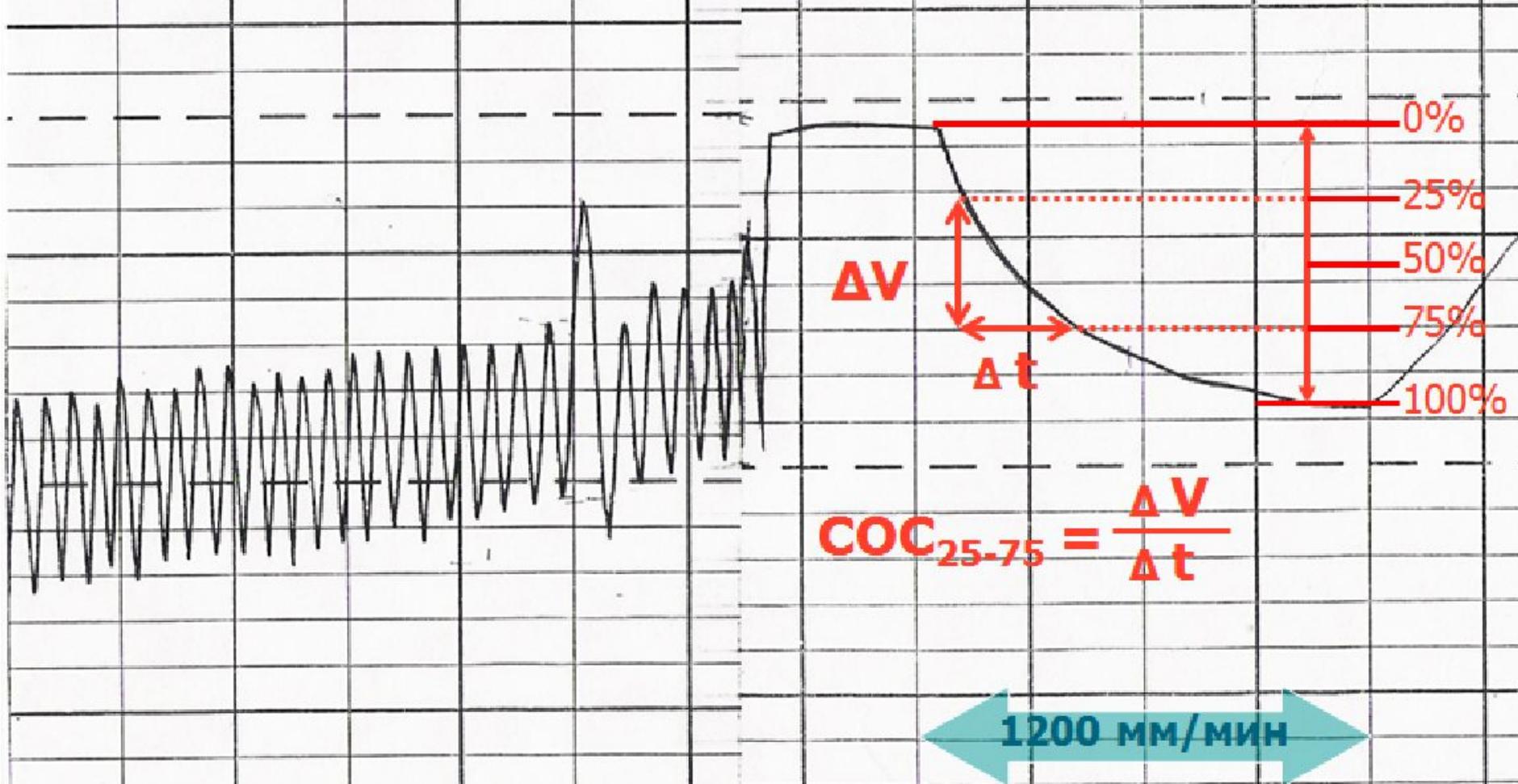
Типичные ошибки при выполнении форсированных вентиляционных маневров

1. Недостаточно плотное захватывание загубника, приводящее к утечке воздуха между ним и губами пациента.
2. Неполный вдох.
3. Несвоевременное, ещё до захватывания загубника, начало форсированного выдоха.
4. Чрезмерное поджатие губ или сжатие зубов.
5. Отсутствие должного волевого усилия.
6. Недостаточная продолжительность выдоха.
7. Преждевременный вдох.
8. Возникновение кашля в момент выполнения дыхательного маневра.

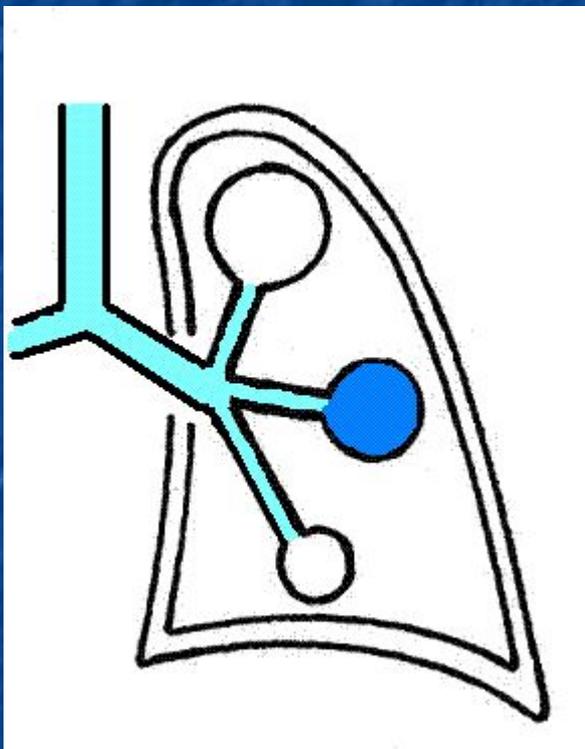
Проба ФЖЕЛ



Определение СОС₂₅₋₇₅



Мертвое пространство



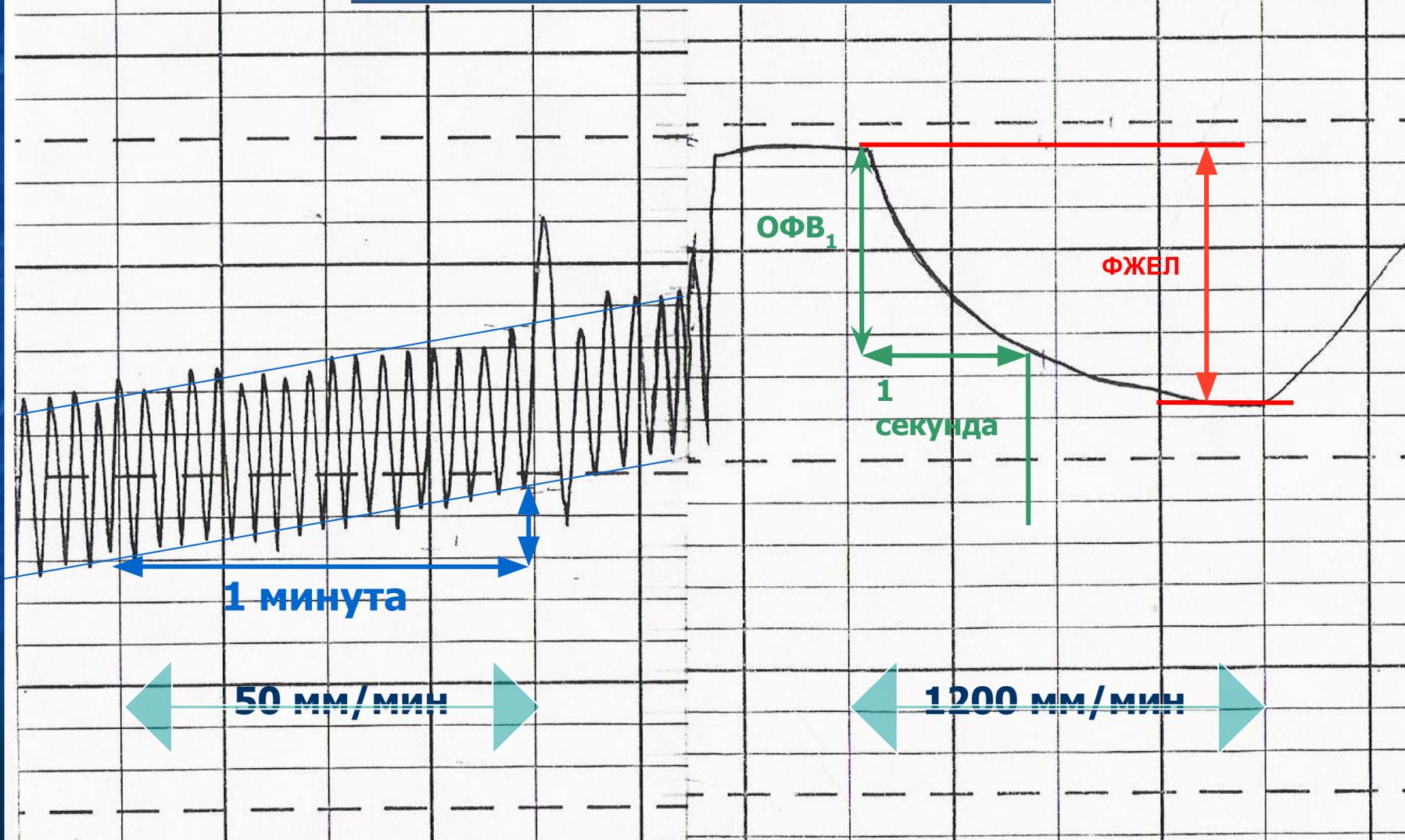
Функциональное (полное)
мертвое пространство -
ФМП



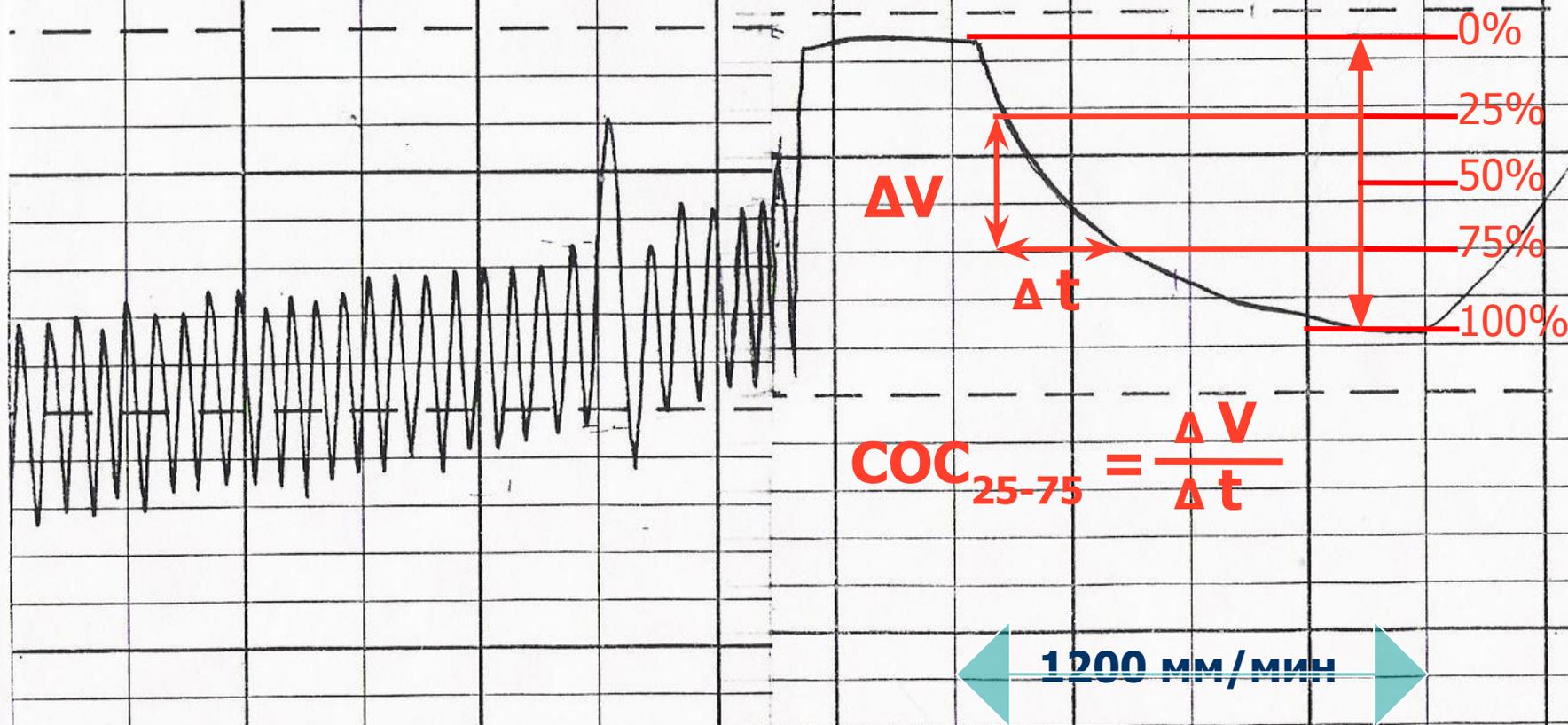
**Анатомическое
мертвое
пространство**

**Альвеолярное
мертвое
пространство**

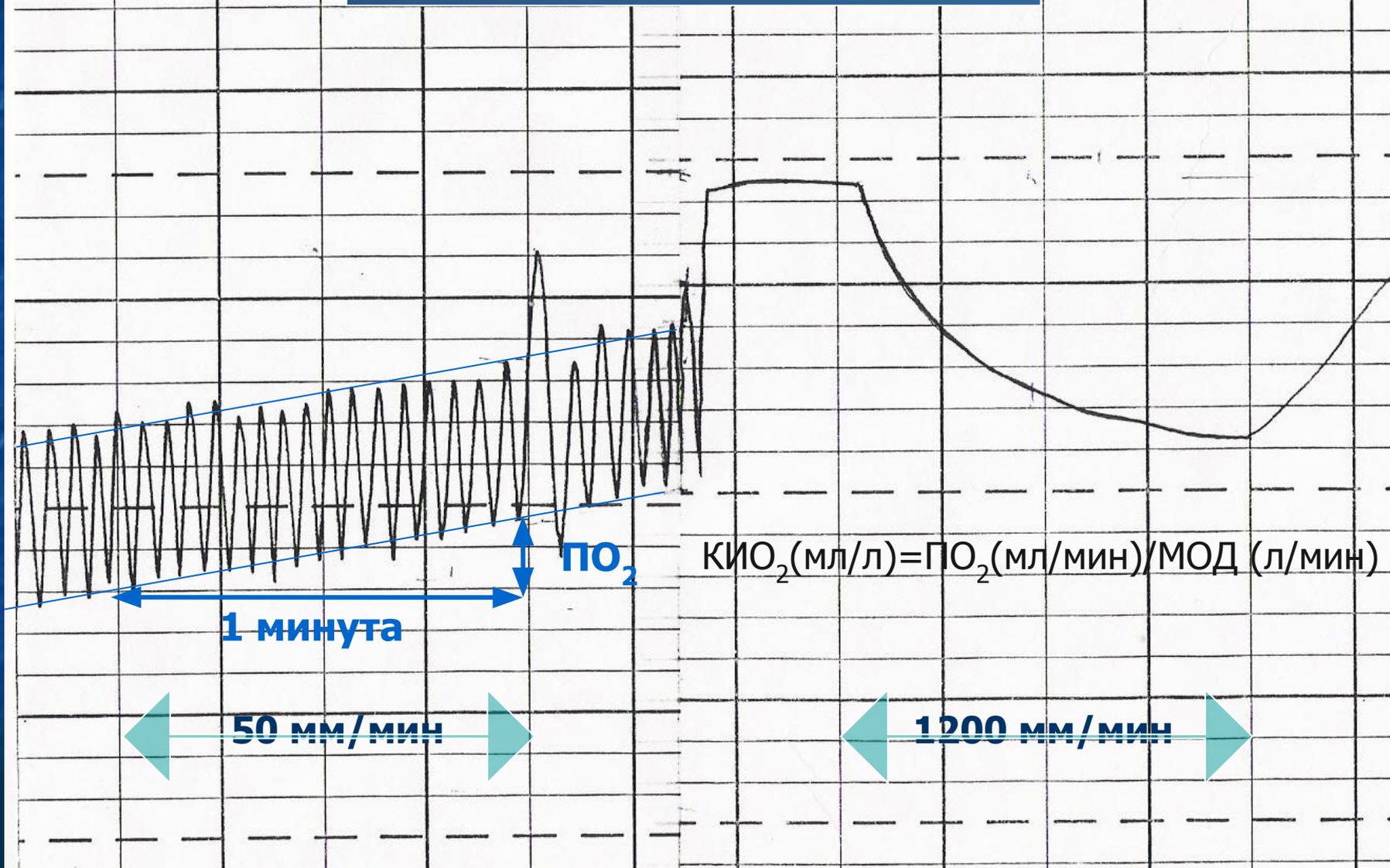
Определение ЧД. Проба ФЖЕЛ



Определение COC_{25-75}



Определение PO_2



Пневмотахография –

метод графической регистрации объемной скорости движения воздуха (потока) при спокойном и форсированном дыхании

1925 г. Флейш (Fleisch)



Датчики:

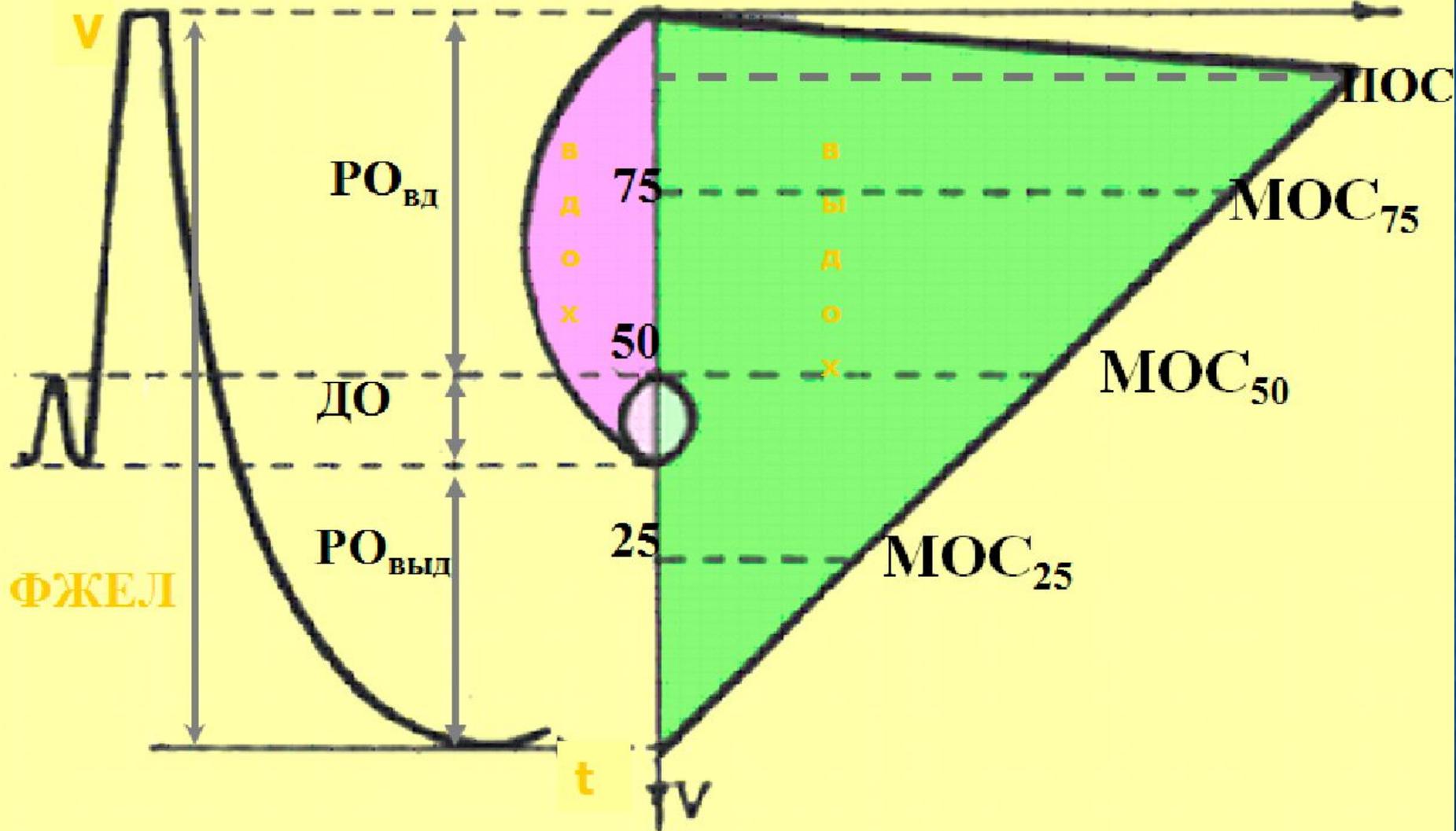
-трубки Флейша, Лилли (определяется перепад давления в начале и конце трубки);

-турбинный датчик (определяется скорость вращения турбинки);

-термисторные датчики (определяется перепад температуры воздуха на концах трубки)

Спирограмма

Пневмотахограмма



Основные типы вентиляционной недостаточности:

- 1) ОБСТРУКТИВНАЯ —нарушение прохождения воздуха по бронхам
Причины: спазм гладкой мускулатуры бронхов;
- 2) воспалительная инфильтрация и отек слизистой бронхов;
- 3) увеличение количества вязкого секрета в бронхах;
- 4) деформация бронхов;
- 5) опухоли бронха,
- 6) инородные тела и др.,
- 7) экспираторный коллапс мелких бронхов (эмфизема легких).

РЕСТРИКТИВНАЯ (ограничительная) —уменьшение суммарной площади газообмена и/или снижение способности легочной ткани к растяжению при дыхании

Причины: легочные: пневония,
пневмоторакс,
гидроторакс,
ателектаз легкого,
резекция легкого, т.д

внелегочные: отек легкого,
костно-мышечные деформации
увеличение объема брюшной полости,

малого таза (асцит, беременность, тд)

Структура ОЕЛ при нарушениях вентиляции



Норма

Обструктивный
синдром

Рестриктивный
синдром

Определение ФОЕ методом разведения гелия



$$C_1 * V_1 = C_2 * (V_1 + V_2)$$

$$V_2 = \frac{C_1 - C_2}{C_2} * V_1$$

Стандарты спирометрии для расчёта должных величин:

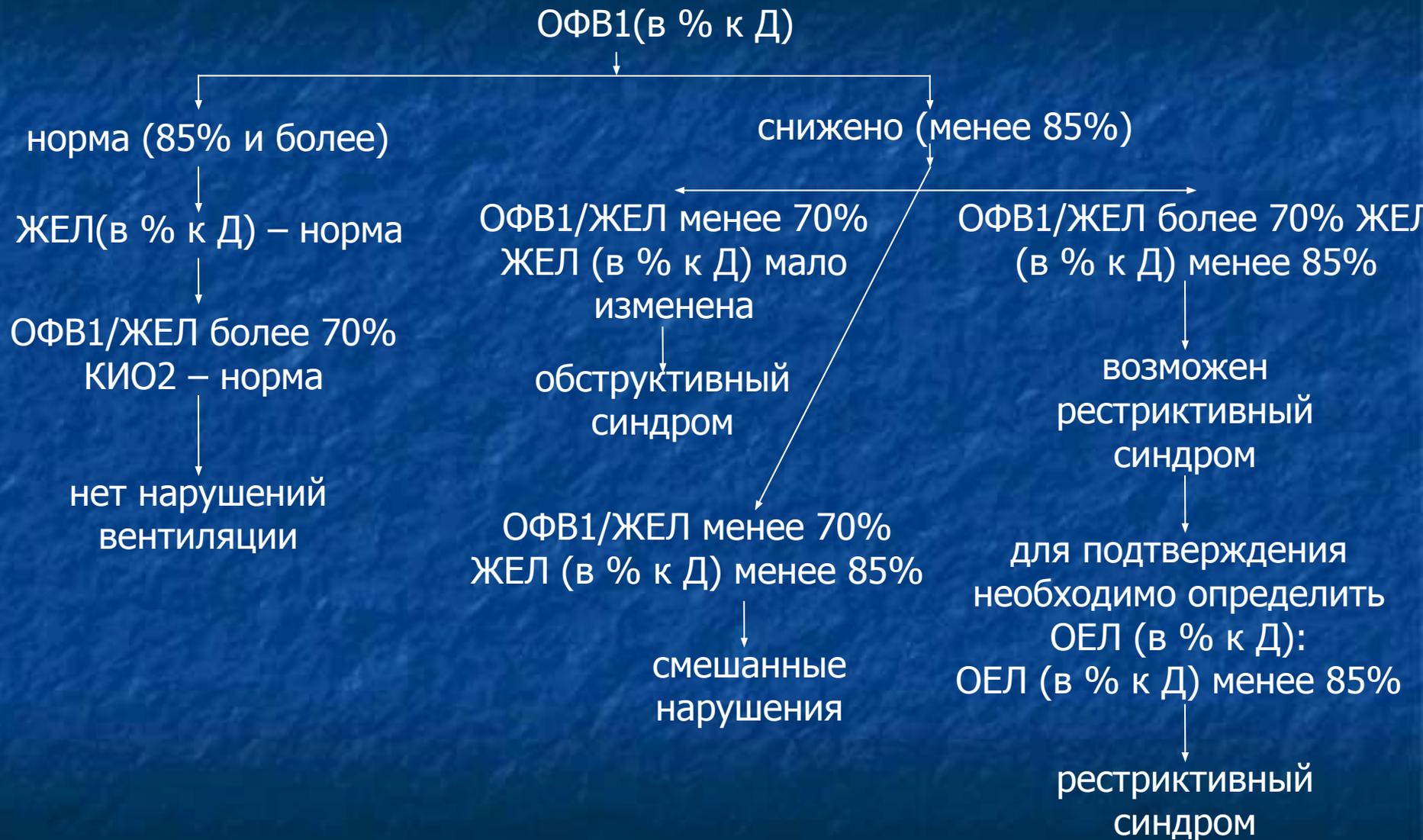
Knudsen - VC, FVC, FEV05, FEV1, FEV1/FVC%, MMEF, PEF, FEF25%, FEF50%, FEF75%, PIF, FIF50%, MVV, BSA

ECCS (European Community for Coal and Steel) - VC, FVC, FEV1, FEV1/VC, FEF25-75%, PEF, MEF25%, MEF50%, MEF75%, MVV

ITS (Intermountain Thoracic Society) - FVC, FEV05, FEV1, FEV3, FEV1/FVC, FEV3/FVC, MMEF, PEF, FEF25%, FEF50%, FEF75%, PIF, FIF50%, MVV, BSA

Клемент: ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ПОСвыд, МОС25, МОС50, МОС75, СОС25-75, ОФВ1, ОФВ1/ЖЕЛ, ОЕЛ, ФОЕЛ, ООЛ, ООЛ/ОЕЛ

Алгоритм оценки спирограммы



**Степень тяжести обструктивных
нарушений определяется по снижению ОФВ1
по отношению к должной величине**

*(рекомендации
Европейского респираторного общества
и Американского торакального общества ATS/ERS-2005)*

Степень тяжести ОФВ1% к должн.

Легкие (mild)	> 70%
Умеренные (moderate)	60 – 69%
Средней тяжести (moderate severe)	50 - 59%
Выраженные (severe)	35 – 49%
Резко выраженные (very severe)	< 35%

Границы нормы и градации отклонения показателей внешнего дыхания

(по Л.Л. Шику, Н.Н. Канаеву, 1980)

(значения показателей приводятся в процентах к должной)

Показатели	Норма	Условная норма	Изменения		
			умеренные	значительные	резкие
ОФВ1 (% к Д)	>85	75-85	55-74	35-54	<35
ЖЕЛ, ФЖЕЛ (% к Д)	>90	85-90	70-84	50-69	<50
ОФВ1/ЖЕЛ (%)	>70	65-70	55-64	40-54	<40
МВЛ (% к Д)	>85	75-85	55-74	35-54	< 35
ОЕЛ (% к Д)	90-110	110-115 85-90	116-125 75-84	126-140 60-74	>140 <60
ООЛ (% к Д)	90-125	126-140 85-89	141-175 70-84	176-225 50-69	>225 <50
ПОС, МОС (% к Д)	< 60		40-60	20 - 40	<20

Показания к бронходилатирующим пробам

- диагностика бронхиальной астмы
- определение обратимости обструктивных нарушений и роли бронхоспазма в их генезе
- диагностика ранних «скрытых» обструктивных нарушений
- диагностика β -адренергического дисбаланса
- подбор оптимального лекарственного средства и оптимальной дозы препарата

Противопоказания к бронходилатационным пробам

- аллергическая реакция на данный препарат
- тяжелая патология сердечно-сосудистой системы

Критерии оценки пробы

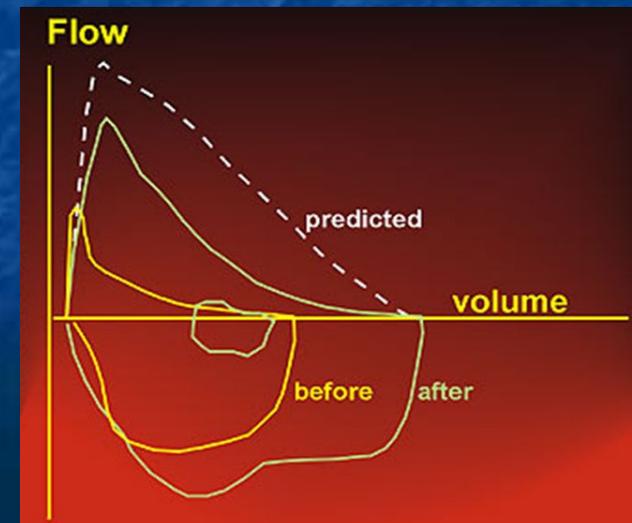
1. Коэффициент бронходилатации

$$K = \frac{(\text{ОФВ1}_{\text{после}} - \text{ОФВ1}_{\text{до}})}{\text{ОФВ1}_{\text{должн}}}$$

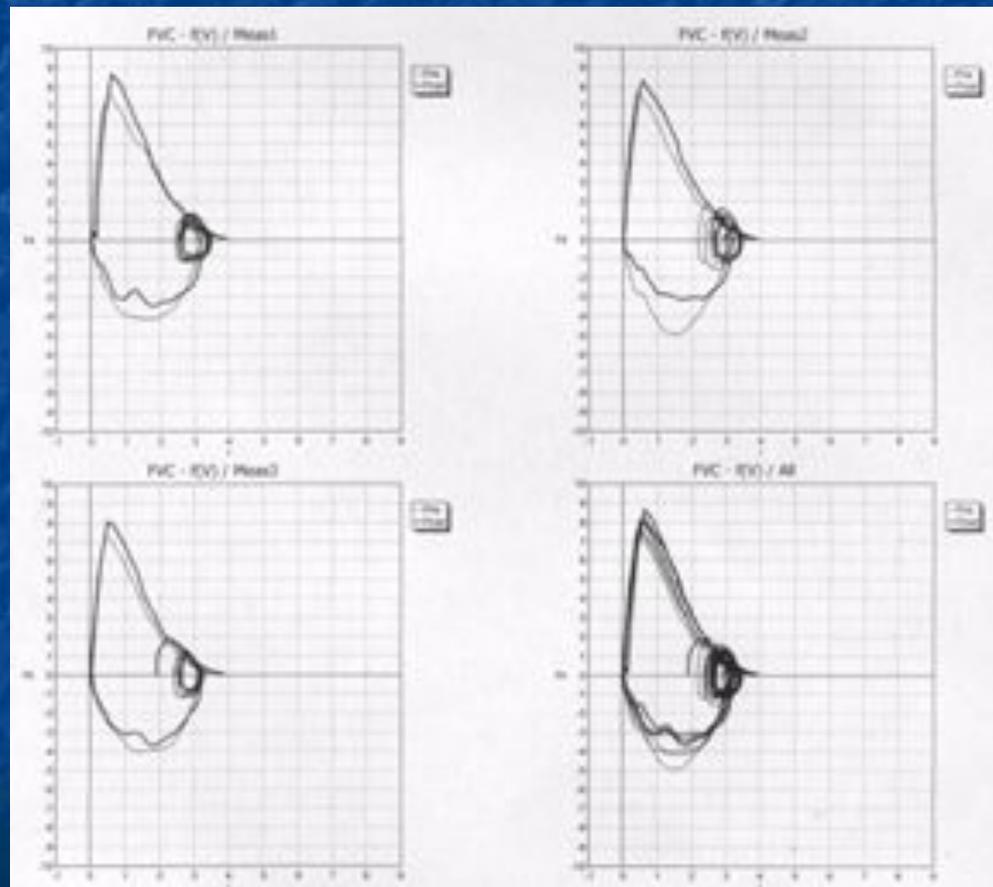
2. Абсолютный прирост (мл) = Показательпосле(мл)-Показательисх(мл),

Бронходилатационный тест - положительный

- КБД составляет более 12% и/или
- абсолютный прирост - более 200 мл.



Отрицательная бронходилатационная проба



Показания к бронхоконстриктерным (провокационным) пробам

- ✓ диагностика ранних стадий бронхиальной астмы
- ✓ проведение профотбора при приёме на работу с неблагоприятными производственными или климатическими условиями
- ✓ контроль эффективности лечебных и профилактических мероприятий

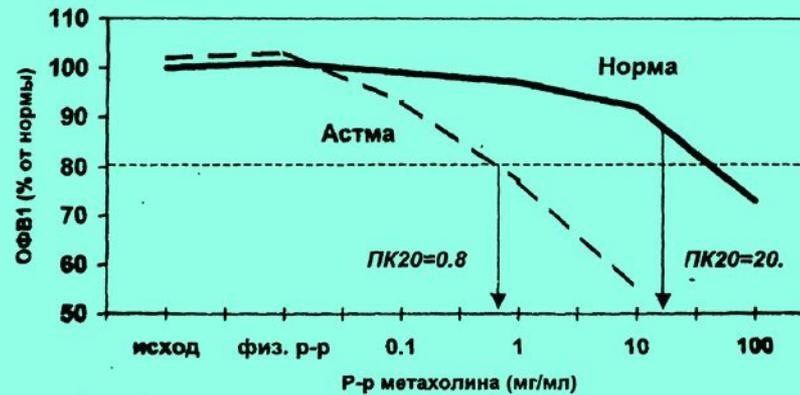
Противопоказания к бронхоконстриктерным пробам

- ✓ острые респираторные инфекции или вакцинации в течении последних 1.5 мес
- ✓ обострение бронхолёгочных заболеваний
- ✓ тяжёлая сопутствующая патология
- ✓ беременность
- ✓ выраженные бронхоспастические реакции на ингаляции лекарственных веществ в анамнезе
- ✓ исходная величина ОФВ1 < 70%

Варианты провокационных проб

- ✓ лекарственные (с ацетилхолином, гистамином)
- ✓ с гипервентиляцией
- ✓ с физической нагрузкой

Бронхопровокационный тест



ПК - провокационная концентрация (концентрация р-ра метахолина, при которой достигается снижение ОФВ1 на 20% по сравнению с исходным значением)

Пикфлоуметрия
метод мониторинга
пиковой объемной скорости
выдоха



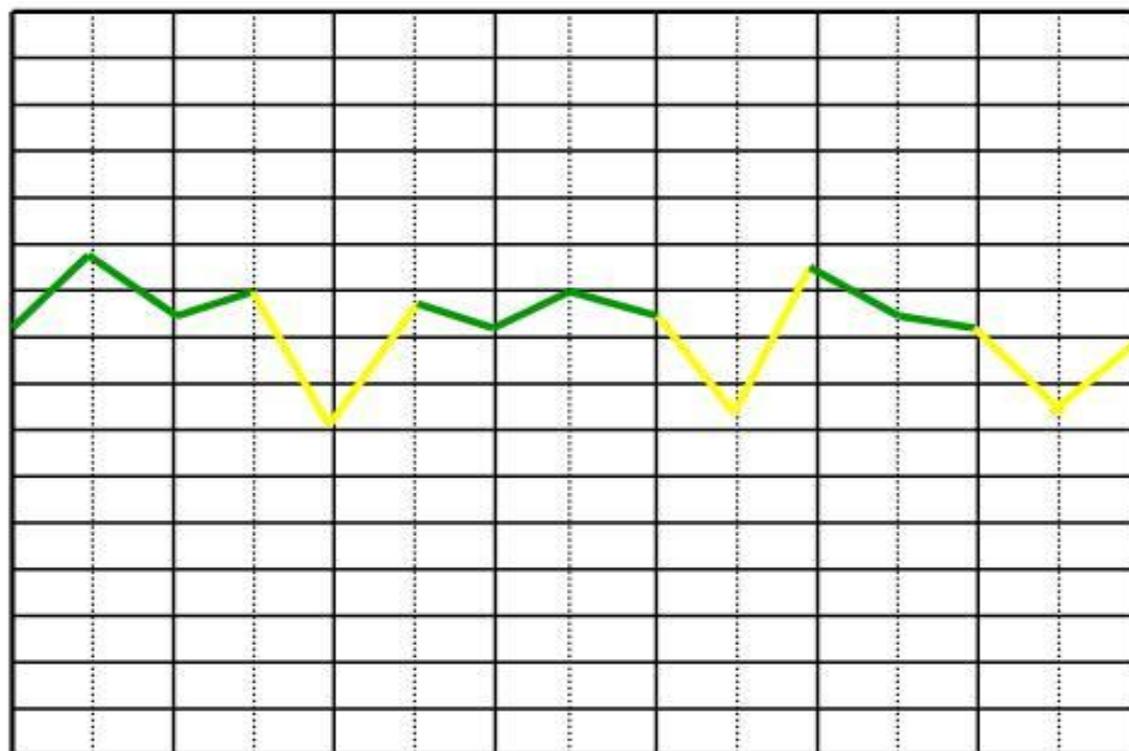
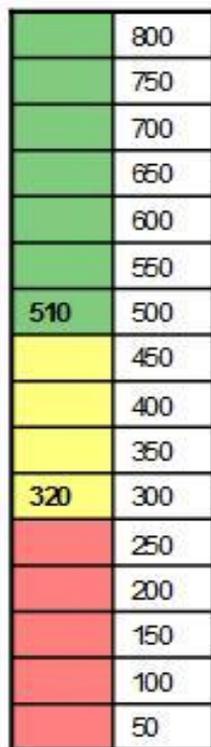


Суточный разброс

$$СР = \frac{\text{ПОСвечером} - \text{ПОСутром}}{\frac{1}{2} (\text{ПОСвечером} + \text{ПОСутром})}$$

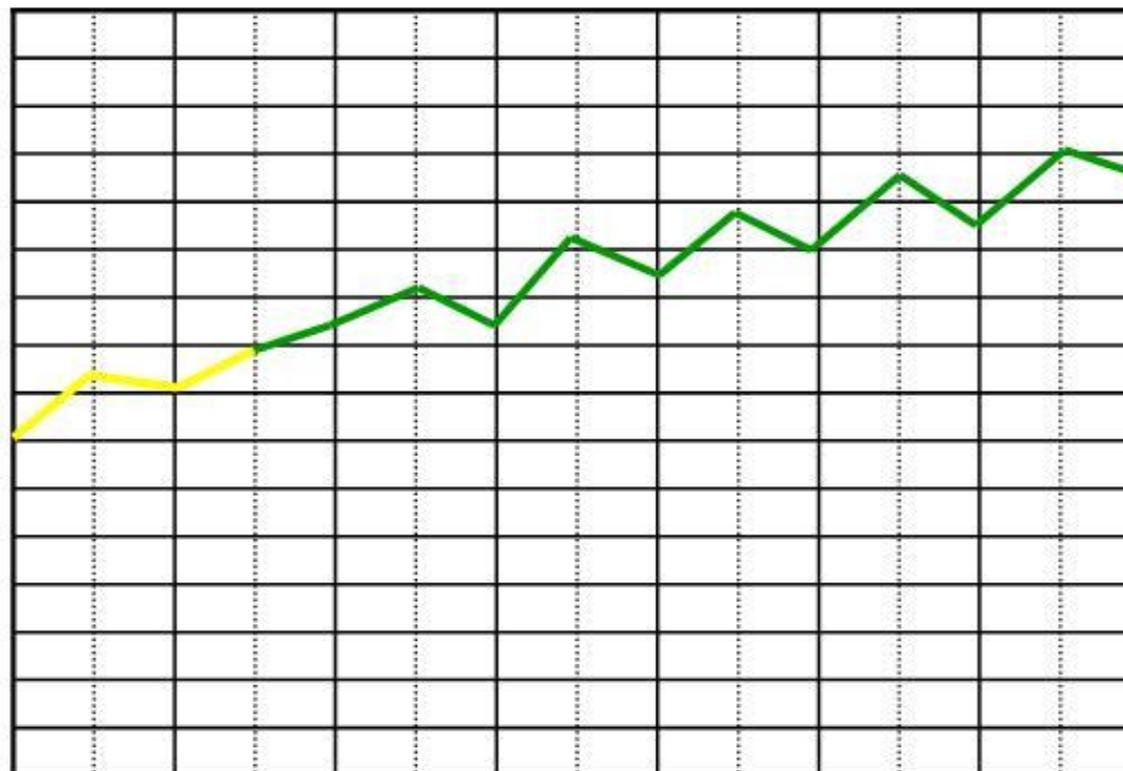
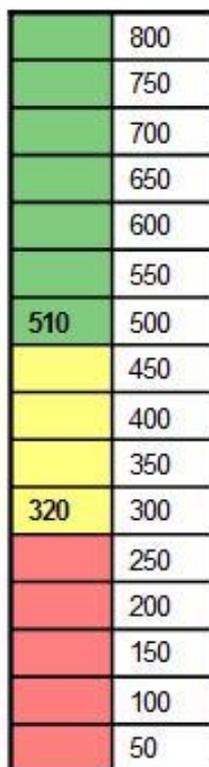
Показатели ПСВ больного БА до начала терапии

7.11.05		8.11.05		9.11.05		10.11.05		11.11.05		12.11.05		13.11.05	
у	в	у	в	у	в	у	в	у	в	у	в	у	в

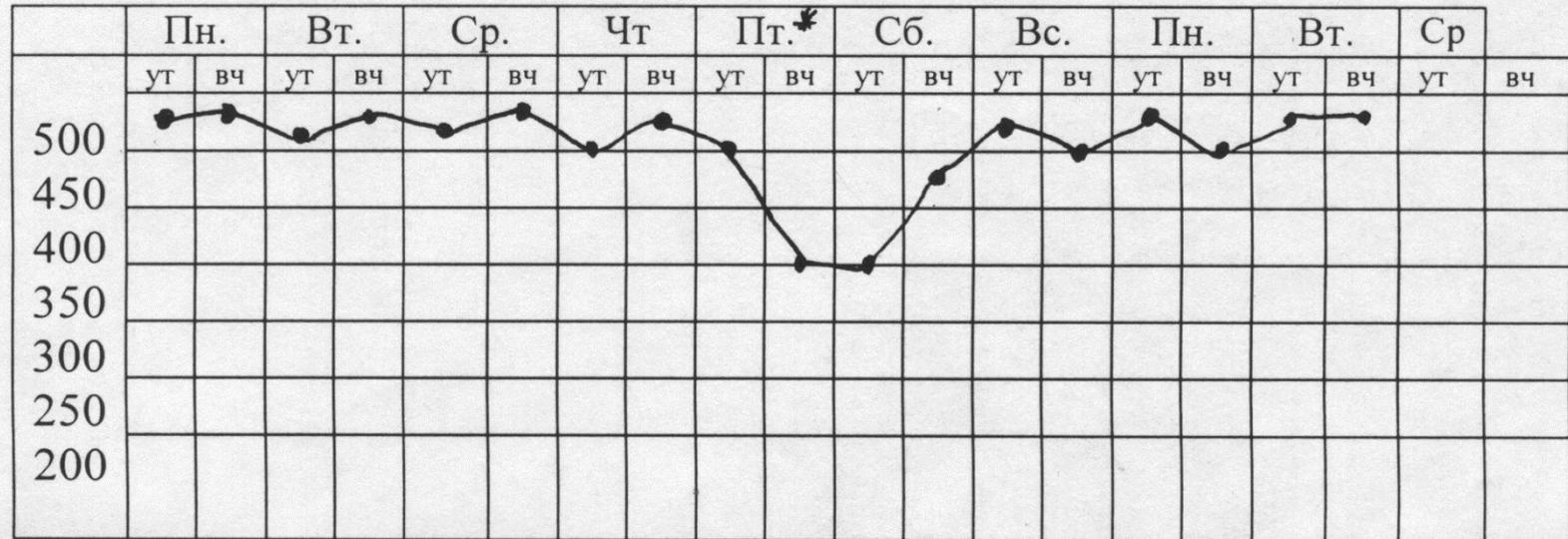


Показатели ПСВ больного БА, подбор базисной терапии

7.11.05		8.11.05		9.11.05		10.11.05		11.11.05		12.11.05		13.11.05	
у	в	у	в	у	в	у	в	у	в	у	в	у	в



Контакт с аллергеном



*-контакт с аллергеном

Обструктивные нарушения

Показатели	Фактические величины	Должные величины	% к должной величине	
ДО, мл	840	300-800	-	увеличен
Ровыд, л	0,30	-	-	
ЖЕЛ, л	2,44	2,85	86	на ниж. границе N
ФЖЕЛ, л	2,12	2,66	80	умеренно ↓
ОФВ ₁ , л/сек	1,24	2,15	58	умеренно ↓
ИТ, %	51	-	-	значит. ↓
ПО ₂ , мл/мин	1360	200-300	-	резко ↑

Рестриктивные нарушения

Показатели	Фактические величины	Должные величины	% к должной величине	
ДО, мл	760	300-800	-	в N
РОВЫД, л	0,20	-	-	
ЖЕЛ, л	1,48	3,07	48	резко ↓
ФЖЕЛ, л	1,20	2,90	41	резко ↓
ОФВ ₁ , л/сек	1,00	2,42	41	значит. ↓
ИТ, %	68	-	-	усл. N
ПО ₂ , мл/мин	320	200-300	-	увеличено
КИО ₂ , мл/л	24,8	35-45	-	снижен

Смешанные нарушения

Показатели	Фактические величины	Должные величины	% к должной величине	
ДО, мл	600	300-800	-	в N
РОВЫД, л	0,30	-	-	
ЖЕЛ, л	2,06	4,93	42	резко ↓
ФЖЕЛ, л	1,96	4,75	41	резко ↓
ОФВ ₁ , л/сек	1,12	3,87	29	резко ↓
ИТ, %	54	-	-	значит. ↓
ПО ₂ , мл/мин	360	200-300	-	увеличено
КИО ₂ , мл/л	27,3	35-45	-	снижен

Газообмен через альвеоло-капиллярную мембрану, происходит за счет разницы парциального давления газов (O₂ и CO₂) по обе стороны мембраны посредством **диффузии**.

Согласно 1-му закону Фика:

$$dm/dt = K \times a \times S \times (P_1 - P_2) / b,$$

где dm/dt – скорость переноса вещества через мембрану,

K - коэффициент диффузии данного газа через мембрану,

a – коэффициент растворимости газа в мембране,

S – площадь диффузии,

$P_1 - P_2$ – альвеоло – капиллярный градиент парциального напряжения газа по обе стороны мембраны,

b – толщина мембраны.

Диффузионная способность легких

- скорость переноса вещества через мембрану при градиенте парциального давления на мембране 1 мм рт ст.

$$DL = dm/dt : (PA - Pc)$$

Диффузионную способность легких определяют для CO (перенос CO точно отражает транспорт O₂, тк O₂ и CO имеют близкие значения молекулярной массы и растворимости в альвеоло – капиллярной мембране)

$$P_{cCO} \rightarrow 0$$
$$DLCO = (dm_{CO}/dt) / P_{ACO}$$

Диффузионная способность легких
- скорость переноса вещества через мембрану при градиенте парциального давления на мембране 1 мм рт ст.

$$DL = dm/dt : (P1-P2) = S \times K \times a : b$$

Скорость газообмена между альвеолами и кровью легочных капилляров зависит и от скорости кровотока по капиллярам малого круга.

$$1/DL = 1/DM + 1/(\theta \times Vc),$$

где $1/DL$ – сопротивление диффузии,

DM – мембранный компонент, определяется диффузионными свойствами мембраны

$\theta \times Vc$ – кровяной компонент,

θ – скорость связывания O_2 с Hb ,

Vc - объем крови, находящийся в капиллярах в данный момент

Dm увеличивается при наполнении
легких (растяжение мембраны)

увеличение
 DL_{CO}

V_c увеличивается при нагрузке,
горизонтальном положении

Маневр Вальсальвы \longrightarrow уменьшение DL_{CO}

$$Dl_{CO} = K_{CO} \times V_A$$

K_{CO} - фактор Крoга (отражает потребление CO в легких)

$K_{CO} = \Delta [CO]/\Delta t/P_A CO$ – падение концентрации CO за единицу времени из расчета на единицу движущего давления)

V_A - альвеолярный объем (объем газа в легких, содержащий CO)

Методы измерения диффузионной способности легких

- Метод возвратного дыхания (rebreathing techniques)
- Метод устойчивого состояния (steady –state)
- Метод одиночного вдоха без задержки дыхания (intra-breath)
- Метод одиночного вдоха с задержкой дыхания (single – breath) – *рекомендован АТО и ЕРО*

Показания:

- Диагностика и динамическое наблюдение при паренхиматозных заболеваниях легких, эмфиземе легких, дифдиагностика эмфиземы с ХОБ и БА у больных с обструктивными нарушениями,
- Диагностика и оценка тяжести сосудистых заболеваний малого круга кровообращения (ТЭЛА, ЛГ)
- Диагностика вовлечения в патологический процесс легких при системных заболеваниях (напр., СКВ, ревматоидный артрит, системная склеродермия)
- Выявление нежелательных эффектов лекарственных препаратов и химиотерапии

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ абсолютные отсутствуют.

Относительные противопоказания:

- отравление CO,
- низкий уровень SO_2 при дыхании комнатным воздухом,
- обильная еда или физнагрузка перед исследованием,

МЕТОД ОДНОКРАТНОГО ВДОХА С ЗАДЕРЖКОЙ ДЫХАНИЯ

Смесь: 0,25-0,3% CO,
Ne 8,9-10% (для расчета
объема альвеолярного газа)
синтетический воздух

1. Проводится спокойная или
формированная спирометрия
с определением ЖЕЛ/ФЖЕЛ макс

2. Несколько дыхательных циклов комнатным
воздухом,
глубокий выдох до уровня ООЛ,
глубокий вдох газовой смесью до уровня ОЕЛ
(не более 4 сек), объем вдоха не менее 85%
от макс ЖЕЛ или ФЖЕЛ,
на высоте вдоха срабатывает заслонка пациент
задерживает дыхание на высоте вдоха
(на 7-8 сек),
быстрый выдох (не более 4 сек)

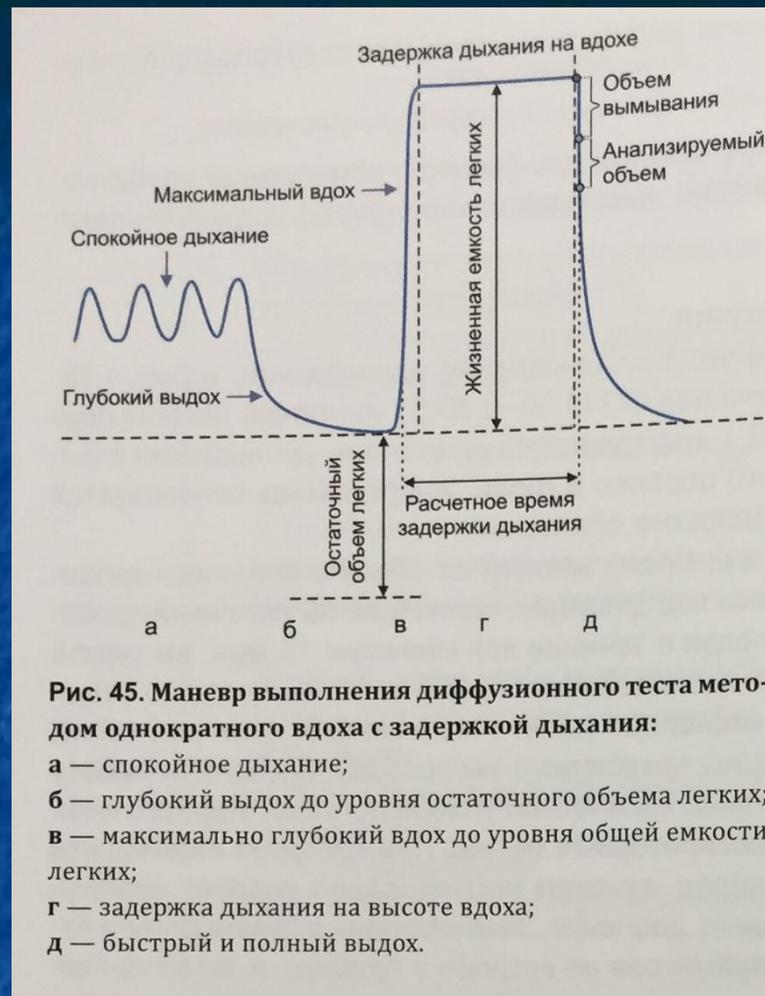


Рис. 45. Маневр выполнения диффузионного теста методом однократного вдоха с задержкой дыхания:

а — спокойное дыхание;

б — глубокий выдох до уровня остаточного объема легких;

в — максимально глубокий вдох до уровня общей емкости легких;

г — задержка дыхания на высоте вдоха;

д — быстрый и полный выдох.

Время для сбора пробы выдыхаемого воздуха менее 3 сек (исключается мертвое пространство — объем вымывания — 0,75 — 1 л, анализируется объем альвеолярного газа).

Время транспорта вдыхаемого CO через альвеолярно-капиллярную мембрану — 10 ± 2 сек, по методу Джона-Мида время составляет 70% времени вдоха и 50% времени сбора пробы

$$DL_{CO} = K_{CO} \times V_A \quad [\text{ммоль/мин} \times \text{кПа}] \times 2,987 = \quad [\text{мл/мин} \times \text{мм рт.ст.}]$$

$$K_{CO} = \Delta [CO] / \Delta t / P_{ACO}$$

$$DL_{CO} = V_A \times \Delta [CO] / \Delta t / P_{ACO}$$

$$DL_{CO} = (V_A / (t/60 \times (P_{atm} - P_{H_2O}))) \times \ln \left(\frac{(F_A He \times F_I CO)}{(F_I He \times F_A CO)} \right)$$

альвеолярный
объем

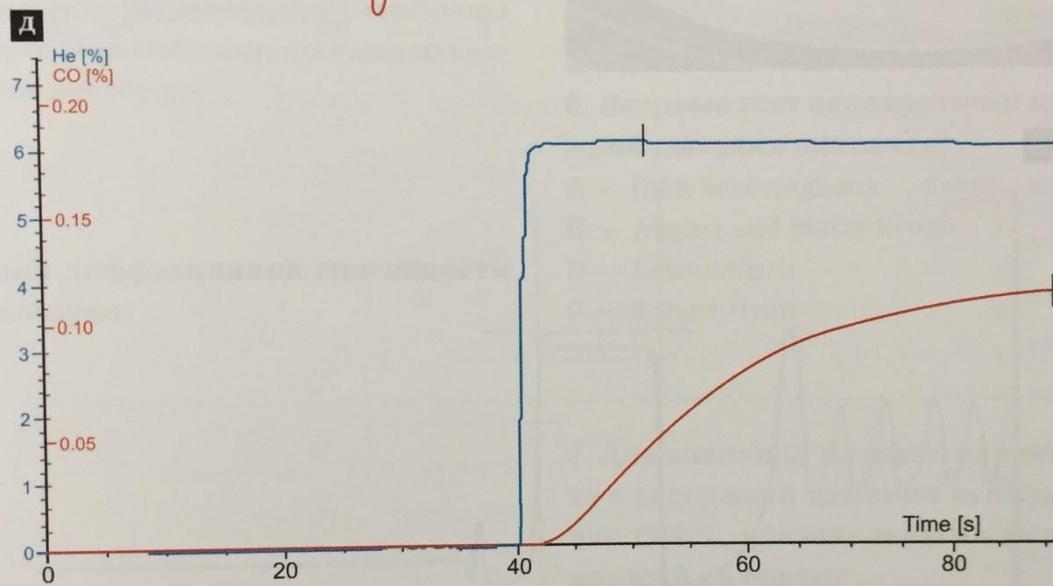
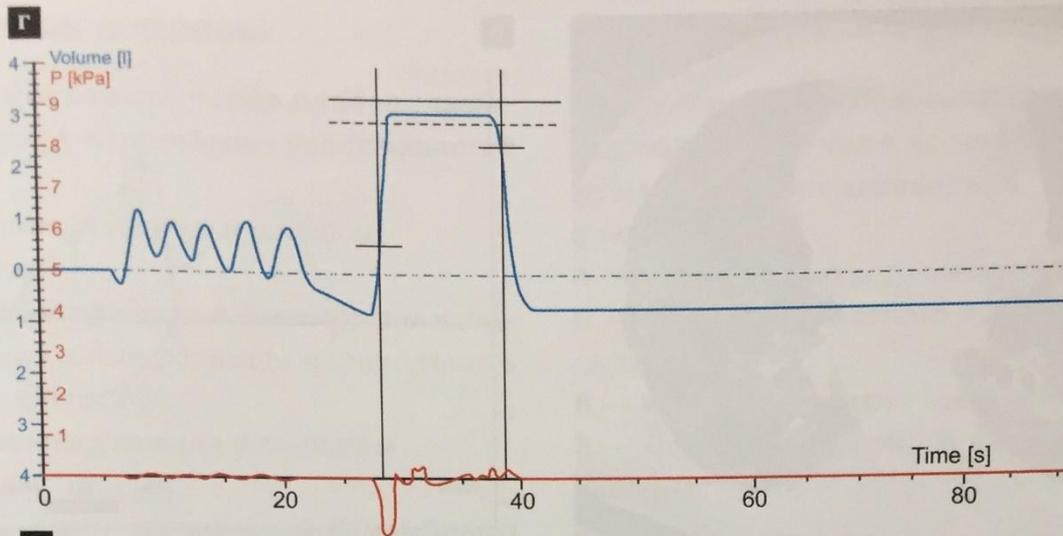
Время контакта
CO с
альвеолярной
поверхностью

Концентрация He
в альвеолярном
пространстве

Концентрация CO
во вдыхаемой
газовой смеси

Концентрация He
во вдыхаемой
газовой смеси

Концентрация CO
в альвеолярном
пространстве



должение). Клинический пример 2. Результат исследования ДСЛ.

Степени тяжести снижения диффузионной способности легких (Pellegrino R. Et al., 2005)

Степень тяжести	DLco, %кДолж
легкая	>60% и < НГН (80%)
умеренная	40-60
тяжелая	< 40

Среднее нормальное значение DLco = 20/30 мл в мин на 1 мм рт.ст разницы Pco в альвеолярном пространстве и венозной крови легочных капилляров

DLco зависит от возраста, пола, роста и объема вдыхаемого газа

DLco/VA не зависит от антропометрических данных и объема легких

Снижение DLco

Внелегочные состояния, влияющие на Dm или $\theta \times Vc$

- сниженное усилие/слабость дыхательных мышц
- деформация грудной клетки, неполный вдох

Болезни и состояния, которые уменьшают $\theta \times Vc$

- Анемия
- Легочная эмболия
- Изменение связывания Hb (напр., карбоксигемоглобин)
- Маневр Вальсальвы с увеличением внутригрудного давления)

Легочная патология, которая уменьшает Dm или $\theta \times Vc$

- Резекция легкого
- Эмфизема
- Интерстициальные заболевания легких
- Отек легких
- Легочный васкулит
- Легочная артериальная гипертензия

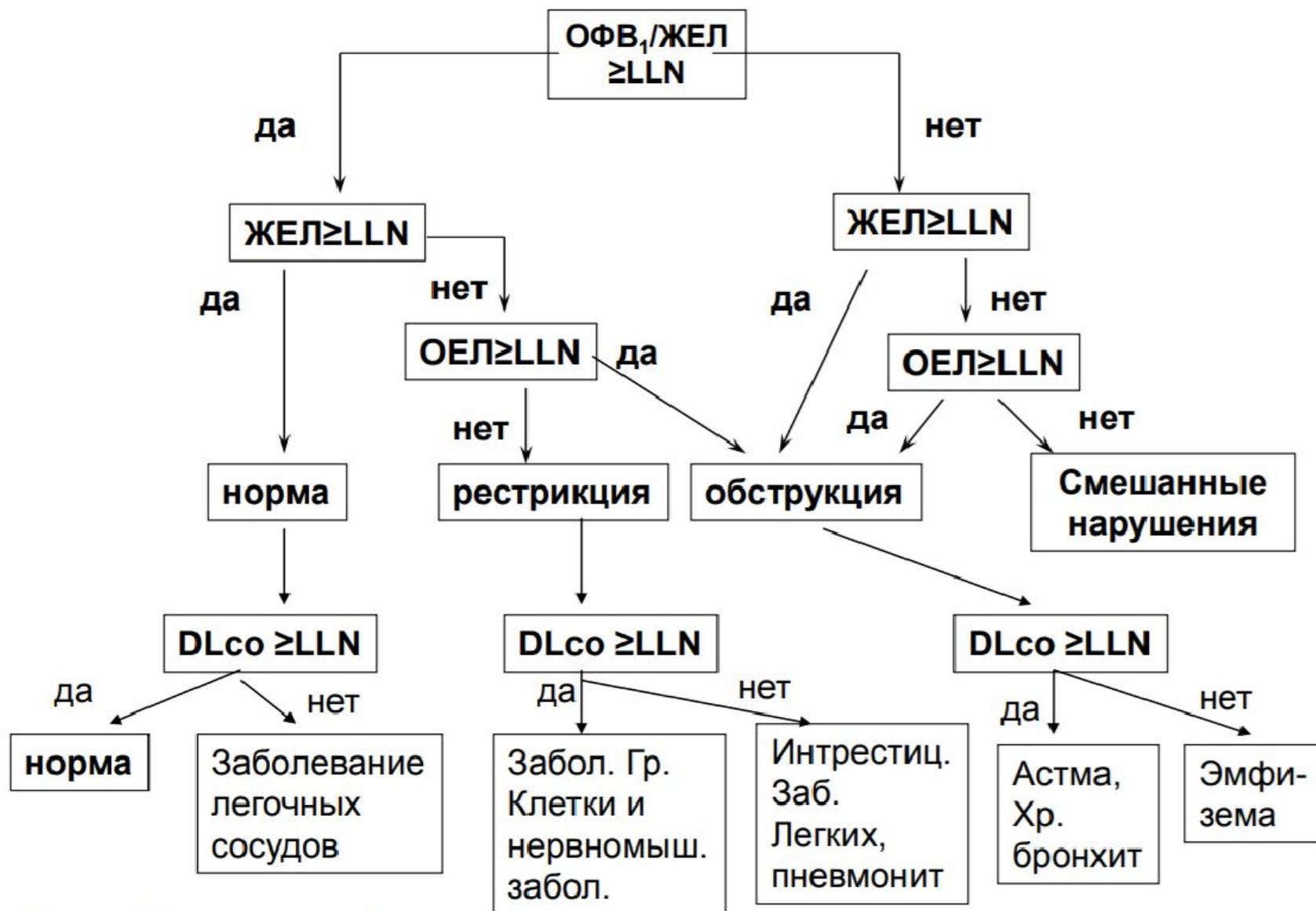
Повышение DLco

DLco более 140% от Долж

Болезни и состояния, которые увеличивают $\theta \times V_c$

- полицитемия
- внутрисердечный шунт слева направо
- легочное кровотечение (повышает концентрацию Hb в легких)
- астма
- нагрузка (влияние на Dm компонент)
- горизонтальное положение тела (влияние на Dm компонент)
- ожирение (влияние на Dm компонент)

Алгоритм оценки показателей внешнего дыхания



DLco-диффузионная способность