

Дыхательная недостаточность

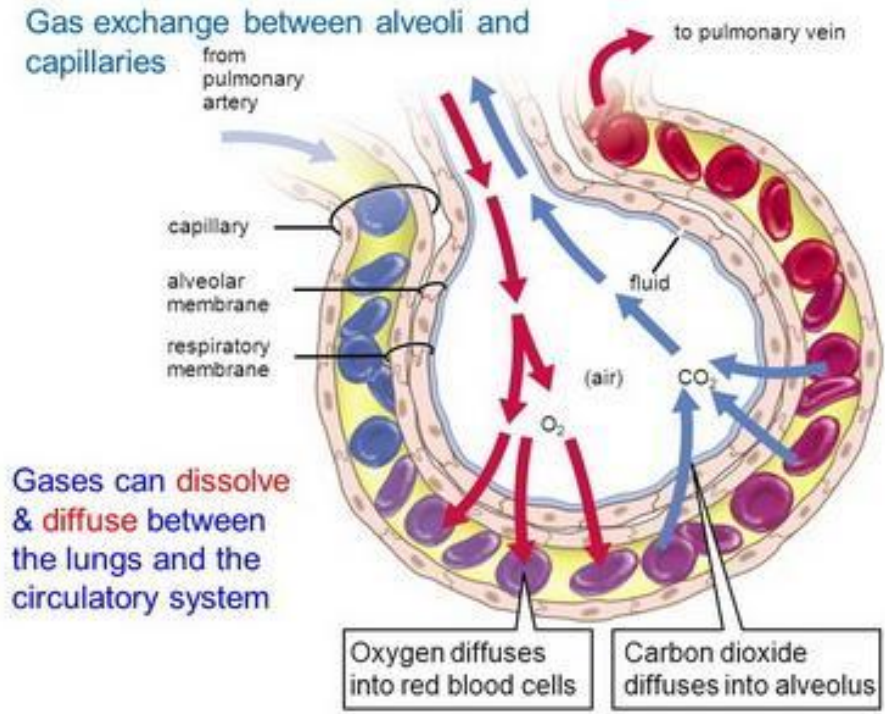
Лекция для студентов 3-го курса
К.м.н. Е.И. Ильиных

2017

Нормальный газообмен в легких

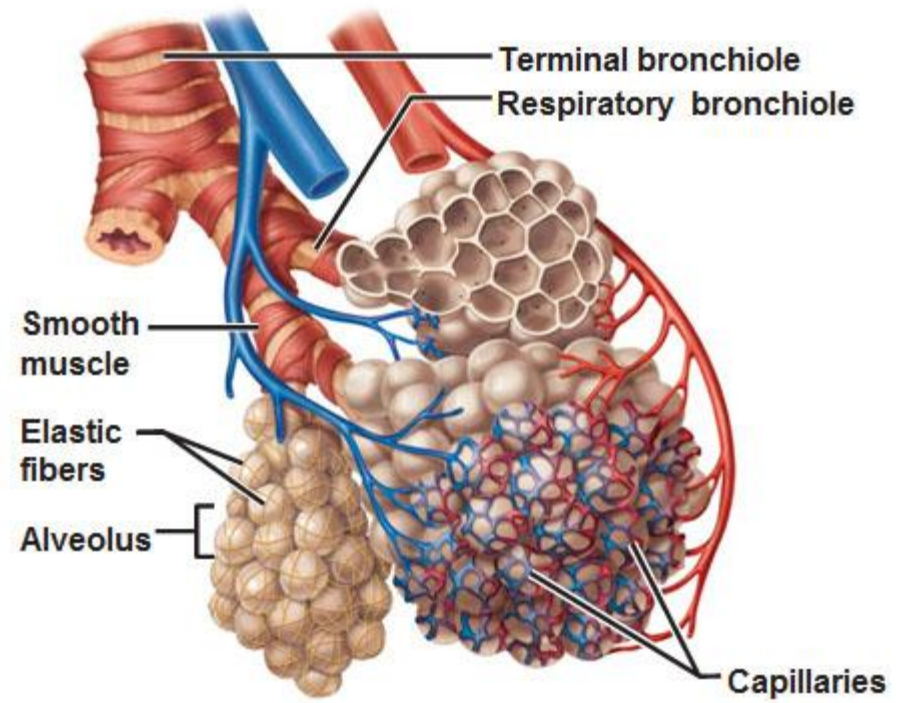
- Нормальное состояние альвеолярно-капиллярной мембраны (АКМ), которое обеспечивает диффузию O_2 и CO_2 по градиенту давления
- Нормальное отношение V/Q
- Адекватная вентиляция легких (минутный объем дыхания соответствует метаболическим потребностям организма и уровню продукции CO_2)

Gas exchange between alveoli and capillaries



Gases can **dissolve** & **diffuse** between the lungs and the circulatory system

Diagrammatic view of capillary-alveoli relationships



Дыхательная недостаточность

Определение

- ДН – неспособность системы дыхания обеспечить нормальный газовый состав артериальной крови
- **ДН – патологическое состояние, при котором $P_{aO_2} < 60$ мм рт. ст. $\pm P_{aCO_2} > 45$ мм рт. ст.**

Классификация ДН

ОДН и ХДН

- ОДН - развивается в течение нескольких дней, часов, минут и требует проведения интенсивной терапии.
- При ОДН не успевают развиваться компенсаторные механизмы со стороны дыхания, кровообращения, КЩС
- **Признаком ОДН является сдвиг КЩС:**
 - при вентиляционной ДН II типа ($\uparrow p\text{CO}_2$) –
респираторный ацидоз ($\text{pH} < 7,35$)
 - при ДН I типа ($\downarrow p\text{CO}_2$) –
респираторный алкалоз ($\text{pH} > 7,45$)

Хроническая ДН

- ХДН развивается в течение нескольких месяцев-лет.
- Включаются компенсаторные механизмы:
 - вторичный эритроцитоз
 - повышение сердечного выброса и системная вазодилатация
 - задержка почками бикарбонатов (коррекция респираторного ацидоза)

Патогенетическая классификация

ДН

- ДН I типа (гипоксемическая, паренхиматозная)

– гипоксемия и гипокапния (нормокапния)

Патофизиологические механизмы

1. Нарушение диффузии газов через АКМ
2. **V/Q дисбаланс**

- ДН II типа или гиперкапническая (вентиляционная)

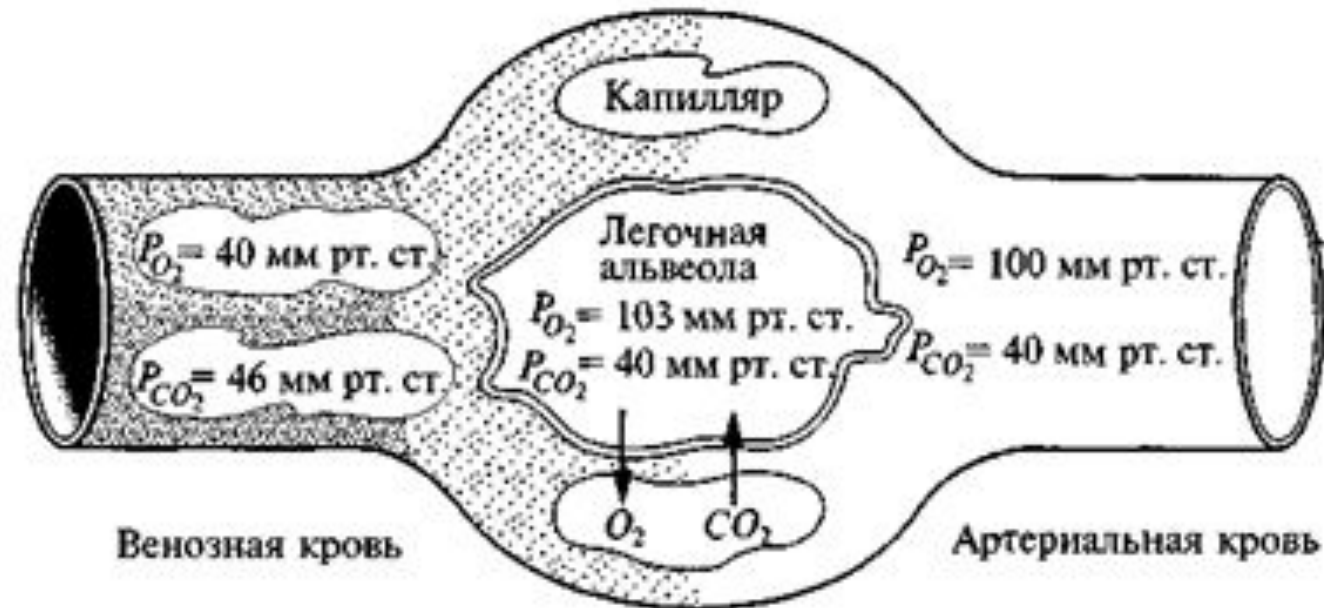
Патофизиологический механизм - гиповентиляция

Альвеолярно-артериальный градиент O_2

$P(A-a)O_2$

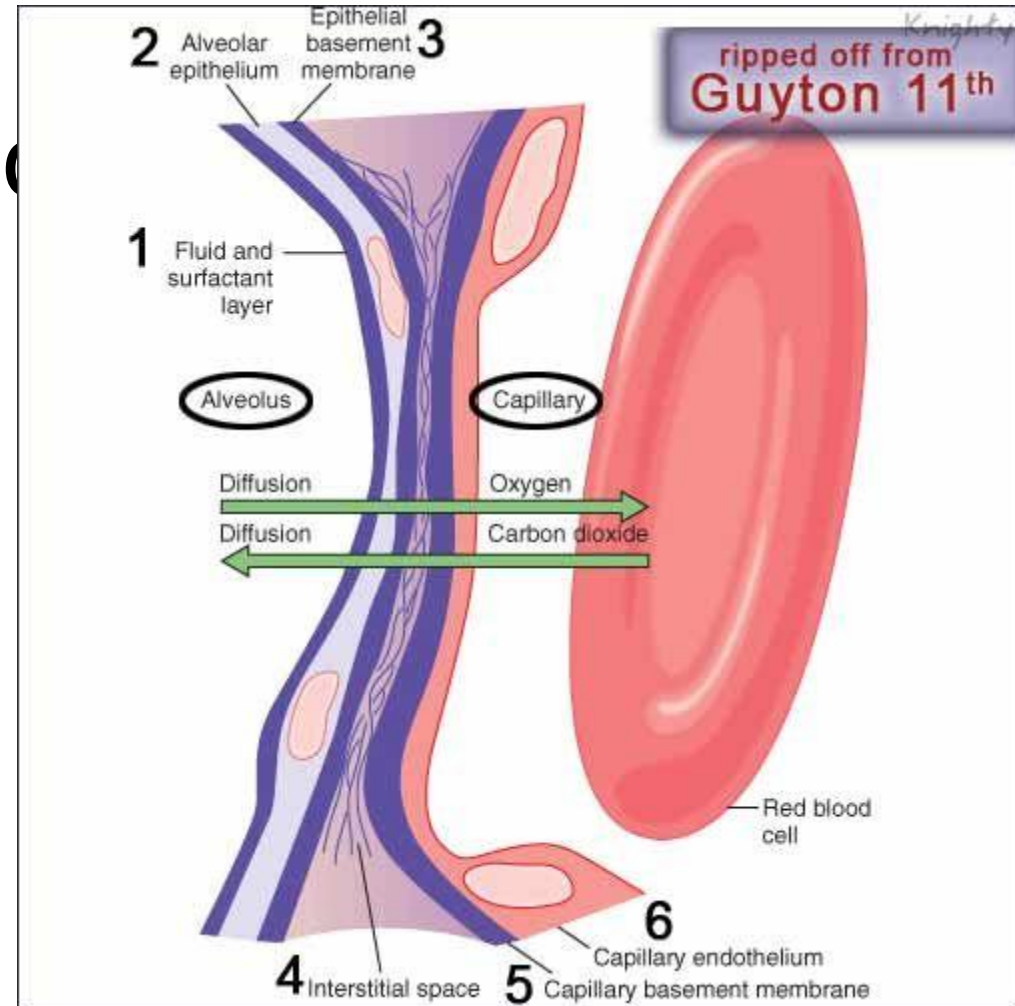
- В норме разница между PAO_2 и PaO_2 менее 10 мм рт.ст.
- При ДН I типа $P(A-a)O_2$ более 10 мм

При ДН I типа имеет место гипоксемия с высоким $P(A-a)O_2$



Нарушение диффузии кислорода (ДН I типа)

- Заболевания легких с поражением АКМ



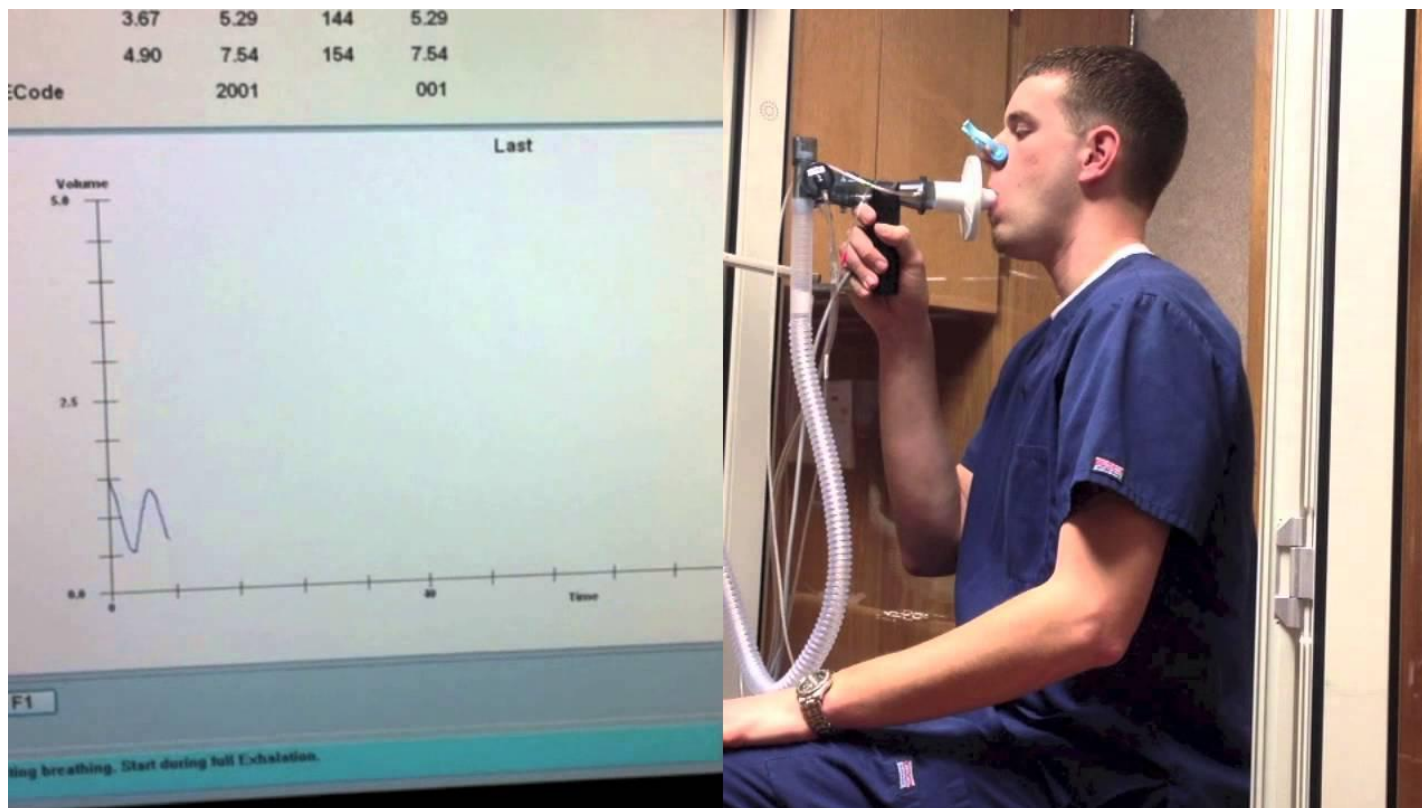
Нарушение диффузии кислорода

- **Утолщение альвеолярно-капиллярных мембран** – нарушение диффузии O₂ при сохраненной диффузии CO₂ (диффузия CO₂ происходит в ... раз легче, чем O₂)
- **Причины:** интерстициальные заболевания легких (альвеолиты, легочные фиброзы, саркоидоз) – редкие заболевания
- **Спирометрия:** рестрикция

- При нарушении диффузии O_2 значительно увеличивается $P(A-a)O_2$ – это можно оценить по газам крови
- Нарушение диффузионной способности легких оценивается по показателю DL_{CO}

DLco

- Диффузионная способность легких по CO (в РК не проводится)



Уравнение альвеолярного

газа

$$P_{AO_2} = F_{iO_2} * (P_{bar} - 47) - P_{ACO_2} / R \quad R=0,8$$

$$P_{AO_2} = 0,21 * (747 - 47) - P_{ACO_2} / 0,8$$

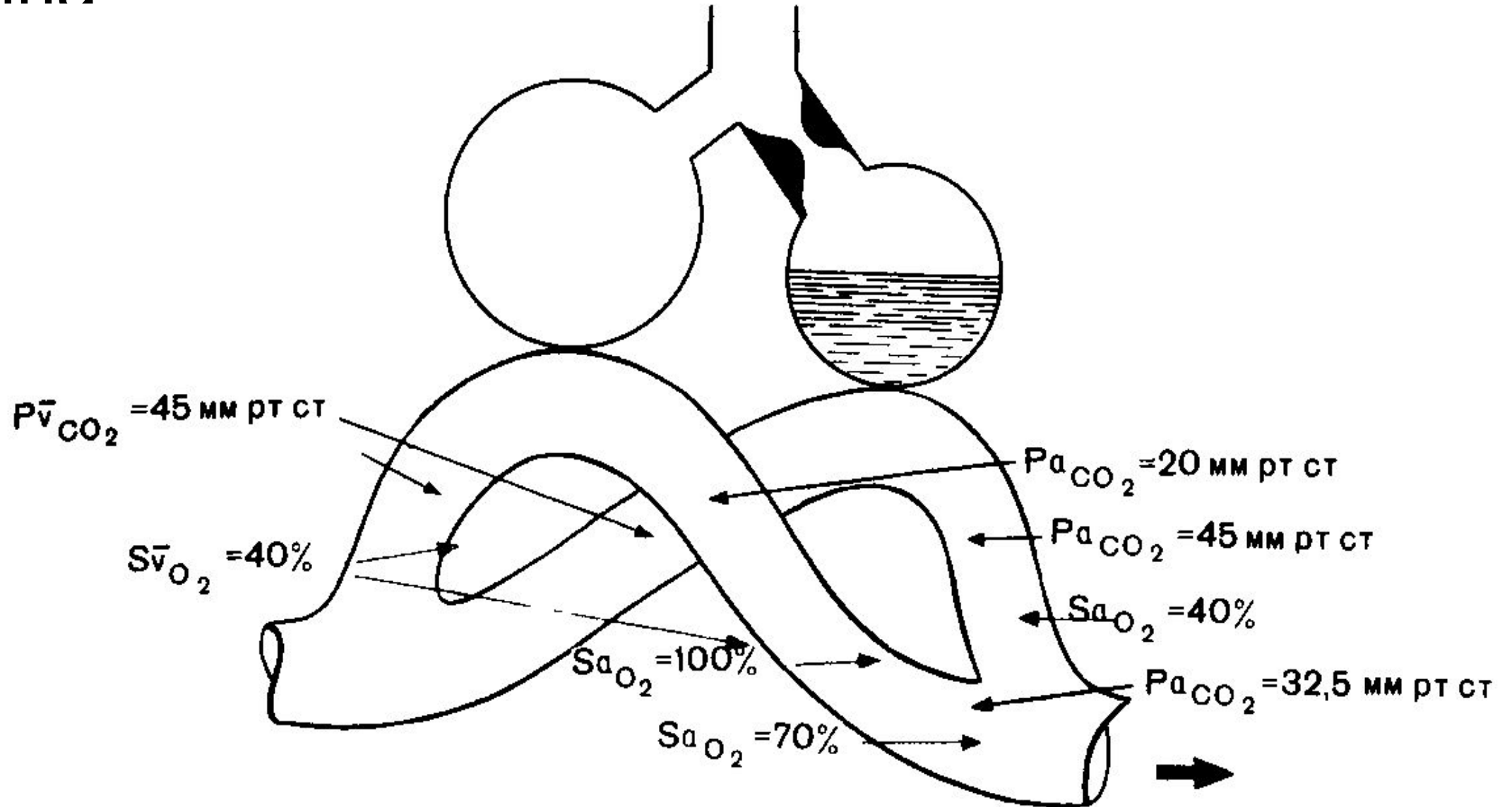
$$P_{AO_2} = 147 - P_{ACO_2} / 0,8$$

Рассчитайте (A-a)O₂, если P_aO₂ 50 мм рт.

ст. и

P_aCO₂ 32 мм рт ст

Нарушение V/Q – основной механизм ДН I типа



Неравномерность V/Q

- Неравномерность V/Q позволяет плохо оксигенированной крови поступить в артериальный кровоток, снижая P_aO_2 и SO_2
- Если общая альвеолярная вентиляция не снижается, то неравномерность V/Q не приводит к повышению P_aCO_2
- **Часто наблюдается гипервентиляция на снижение P_aO_2 , что приводит к гипокапнии**

Причины неравномерности V/Q

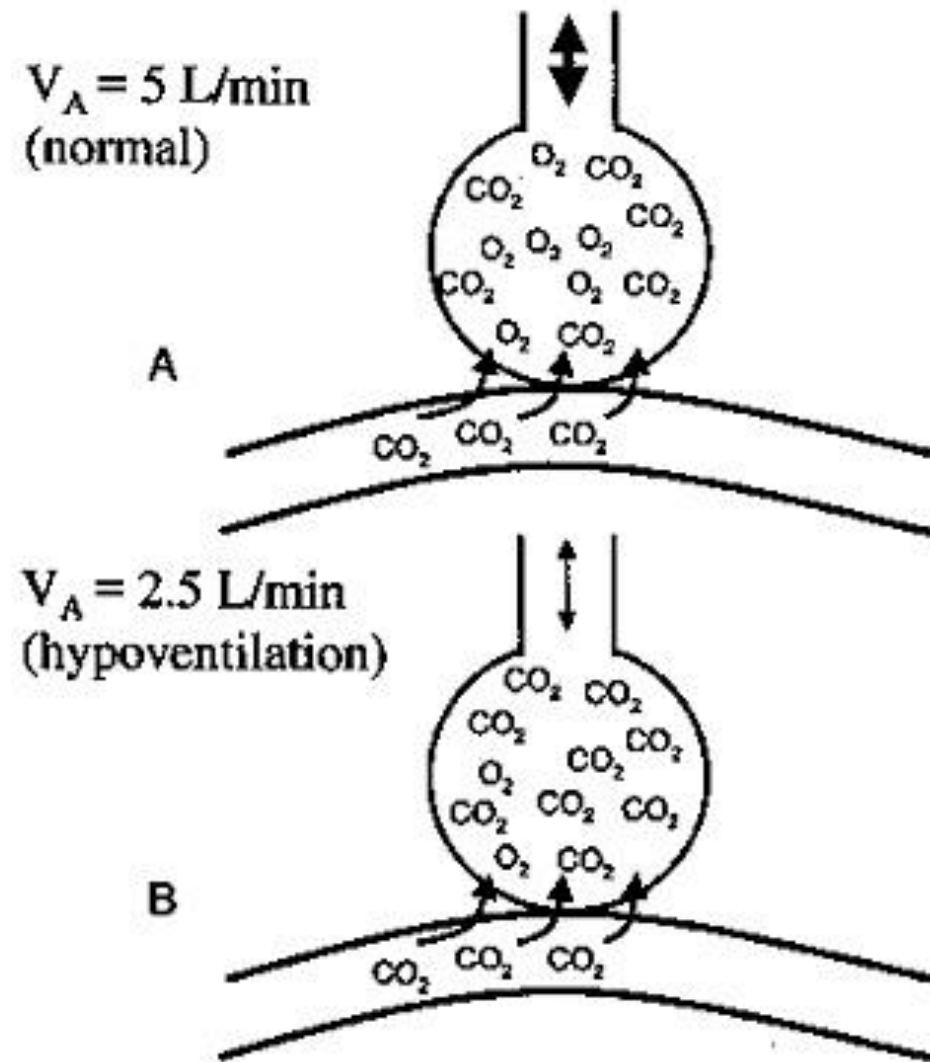
- **Пневмония**
- **Приступ бронхиальной астмы**
- **ХОБЛ**

- **Пневмоторакс**
- **Отек легких**
- **ОРДС**

ДН II типа

- **Гиперкапническая (вентиляционная) ДН**
– **гиперкапния и гипоксемия**
- Снижение вентиляционного резерва (минутный объем дыхания - МОД) до уровня, при котором невозможно адекватное выведение CO_2 , накопление CO_2 в альвеолярном воздухе (и увеличение P_{ACO_2} и P_{aCO_2}) и вытеснение из альвеолярного воздуха O_2 (со снижением P_{AO_2} и P_{aO_2})

Гиповентиляция



Уравнение альвеолярного газа

$$P_{AO_2} = F_{iO_2} * (P_{bar} - 47) - P_{ACO_2} / R \quad R = 0,8$$

$$P_{AO_2} = 0,21 * (747 - 47) - P_{ACO_2} / 0,8$$

$$P_{AO_2} = 147 - P_{ACO_2} / 0,8$$

Рассчитайте P_{aO_2} при P_{aCO_2} 80 мм рт.ст.

При ДН II типа $P(A-a)O_2$ нормальное (<10)

Причины вентиляционной ДН

Уровень поражения	Заболевания	ФВД
ЦНС и ДЦ	Первичная альвеолярная гиповентиляция	N
Нейро-мышечная система	Паралич диафрагмального нерва, травма СМ (СI-CVI), миопатии, паралич диафрагмы	Рестриктивные нарушения ↓ ЖЕЛ
ГК	Кифосколиоз Синдром ожирения-гиповентиляции	нормальное ОФВ1/ФЖЕЛ
Дыхательные пути	ВДП: СОАС НДП: ХОБЛ с критической обструкцией	N Обструктивные нарушения

ВАЖНО

ДН I типа при развитии усталости дыхательной мускулатуры может перейти в ДН II типа

Например, при тяжелом некупируемом обострении БА гипокапния в первые часы приступа (отражает общую гипервентиляцию на фоне бронхоспазма, ДН I типа) сменяется нормокапнией и далее гиперкапнией из-за усталости ДМ (ДН II типа), что может закончиться остановкой дыхания

PaCO₂ и КЩС при ДН 2 типа

	PaCO ₂	HCO ₃	pH
Острое	↑	→	↓
Хроническое	↑	↑	→
Обострение на фоне хронического	↑	↑	↓

Классификация ДН по степени тяжести

Степень	PaO ₂ , мм рт.ст.	SaO ₂ , %
Норма	≥ 80	≥ 95
I	60-80	90-95
II	40-60	75-90
III	<40	<75

Сатурация – процент насыщения гемоглобина кислородом, или соотношение HbO₂/Hb в артериальной крови

SaO₂ измеряется при анализе артериальной крови

SpO₂ измеряется при пульсоксиметрии



Компенсаторные механизмы при ХДН (при $P_{aO_2} < 55-60$ мм рт. ст.)

Компенсаторные реакции	Положительные эффекты	Отрицательные эффекты
Активация ДЦ и увеличение работы внешнего дыхания	Увеличение вентиляции, повышение P_{aO_2} и снижение P_{aCO_2}	Повышение нагрузки и утомление ДМ
Тахикардия и повышение СВ	Повышение транспорта O_2	Усугубление ЛГ, прогрессирование СН
Гипоксическая констрикция легочных сосудов	Улучшение отношения VA/Q и повышение P_{aO_2}	Развитие ЛГ
Увеличение выработки эритропоэтина и эритроцитоз	Повышение транспорта O_2	Повышение вязкости крови и повышение риска тромбоза

Клинические симптомы ХДН

- Диспное (одышка) – некомфортное или неприятное ощущение собственного дыхания или “ощущение дыхательного усилия”
- Диспное тесно связано с активностью инспираторных мышц и активностью ДЦ
- **Корреляция между выраженностью одышки и гипоксемией/гиперкапнией слабая**
 - “синие отечники” и “розовые пыхтельщики”

Проявления гипоксемии

- **Нарушение памяти** на текущие события ($P_{aO_2} < 55$)
- Потеря сознания при $P_{aO_2} < 30$
- **Цианоз** – появляется при $P_{aO_2} < 60$ мм рт.ст. и $SaO_2 < 90\%$ и повышении концентрации дезоксигемоглобина > 50 г/л
- Тахикардия
- Умеренная гипотония
- Полицитемия (эритроцитоз) (при ХДН)
- ЛГ (при ХДН)

Проявления гиперкапнии ($P_aCO_2 > 45$ мм рт.ст.)

- Гемодинамические эффекты (тахикардия, повышение СВ, системная вазодилатация)
- Изменения ЦНС (тремор, бессонница, частые пробуждения ночью, сонливость днем, утренние головные боли, тошнота)

Проявления дисфункции (утомления) ДМ

- Тахипное, ЧДД > 25 указывает на развитие утомления ДМ
- Брадипное (ЧДД < 12) предвестник остановки дыхания
- Изменение дыхательного стереотипа – вовлечение дополнительной ДМ
- Парадоксальное дыхание – втяжение передней брюшной стенки на вдохе - признак крайнего утомления и слабости ДМ

Диагностика

- Газовый анализ артериальной крови – “золотой стандарт” оценки ДН
- P_aO_2 , P_aCO_2 , pH, уровень бикарбонатов (HCO_3^-)
- Пульсоксиметрия
- Спирометрия
(оценка проходимости ВДП, выявление обструктивных или рестриктивных нарушений)
- диффузионный тест – DL_{CO}

Примеры газов артериальной крови при ДН I или II типа

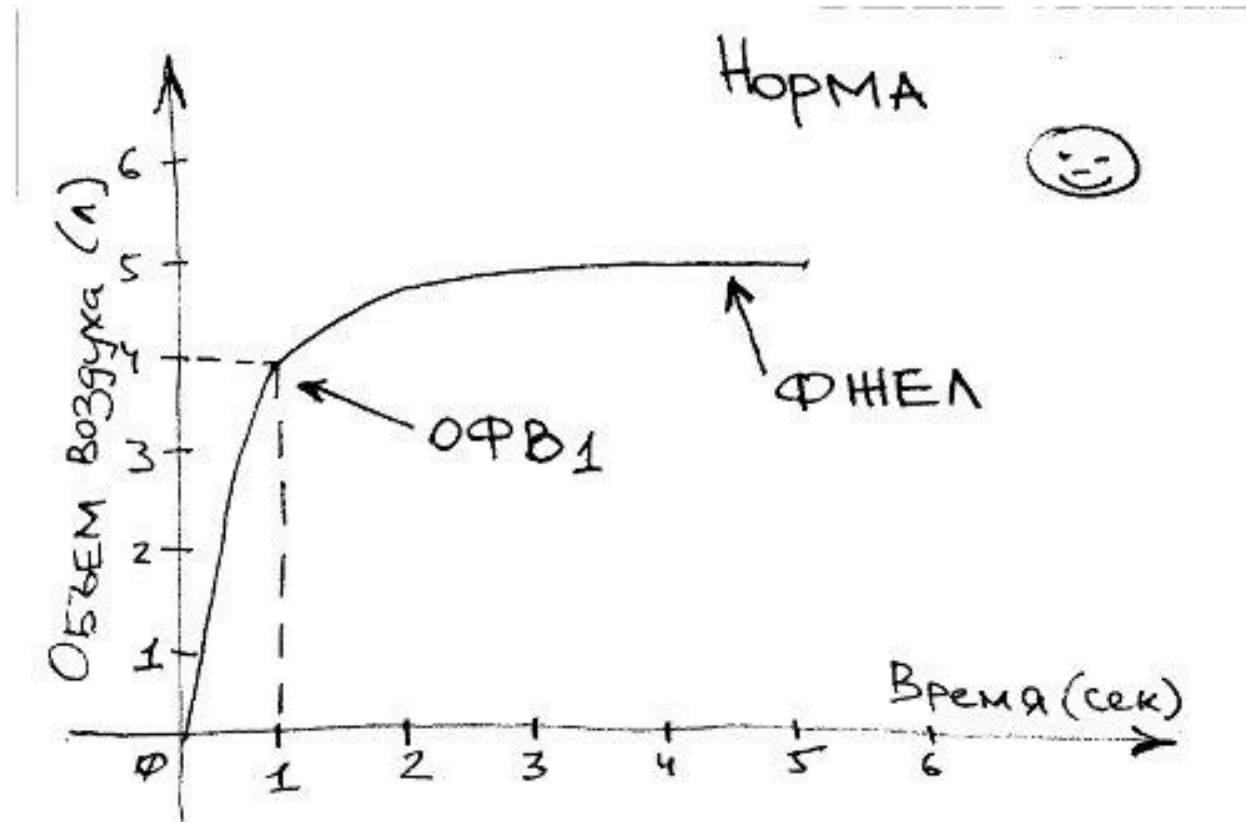
Параметр	ДН I типа	ДН II типа острая	ДН II типа хроническая
pH 7,35-7,45	7,5	7,28	7,38
PaO2 >80 мм рт.ст.	55	54	50
SaO2 >95%	88	87	85
PaCO2 35-45 мм рт.ст.	25	55	65
(A-a)O2	72	24	16
HCO3- 22-28 ммоль/л	23	26	36

Спирометрия

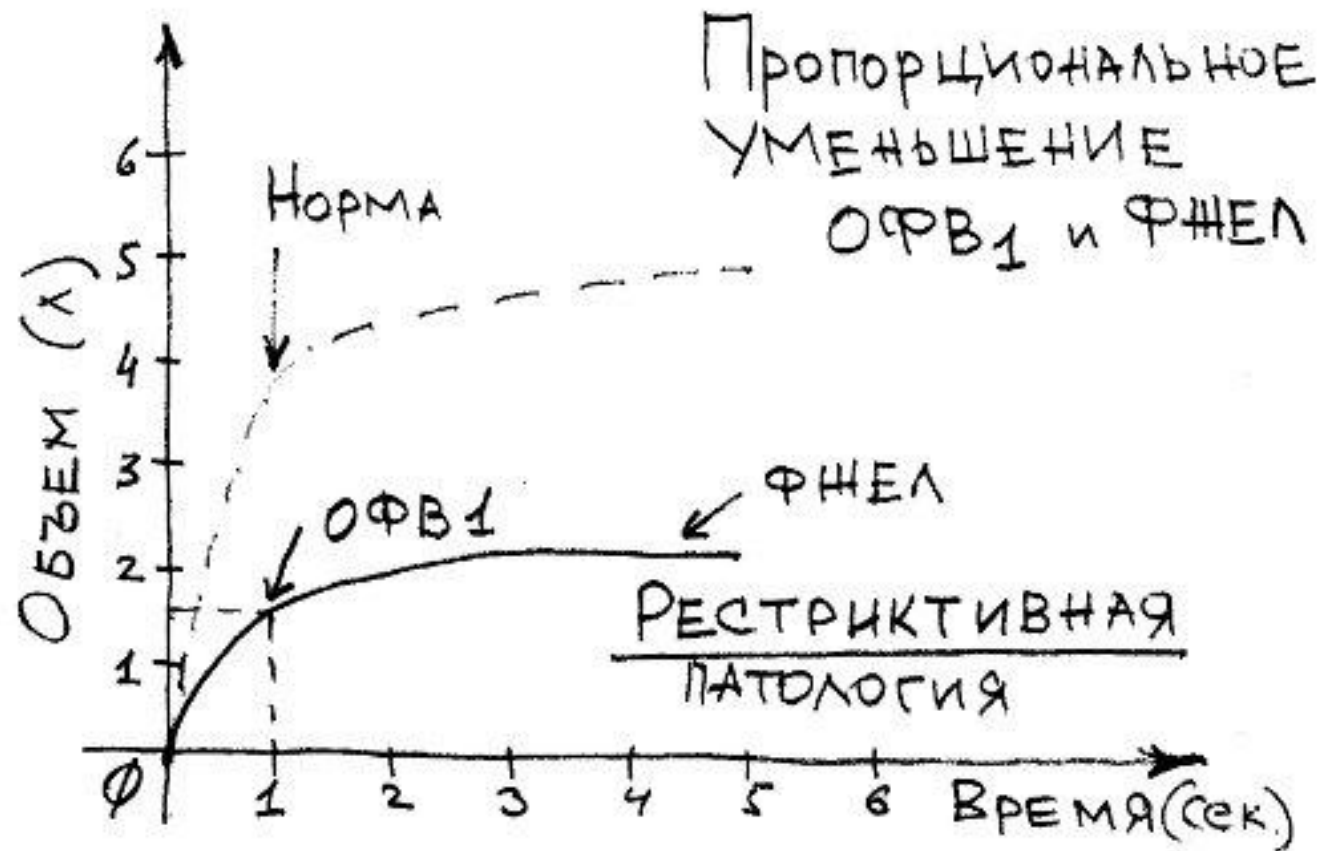
Кривая экспираторного маневра

ОФВ1 и ФЖЕЛ

Индекс Тиффно – $\text{ОФВ1} / \text{ФЖЕЛ} > 0,7$



Кривая экспираторного маневра при рестриктивных нарушениях



$ОФВ1/ФЖЕЛ > 0,7$
Снижение ЖЕЛ

Кривая экспираторного маневра при обструктивных нарушениях



$$\text{ФВ1} / \text{ФЖЕЛ} < 0,7$$

Спирометрия

	Норма	Рестрикция	Обструкция умеренная	Обструкция тяжелая ↑○○
ЖЕЛ	>80%	↓	N	↓
ФЖЕЛ	>80%	↓	N	↓↓
ОФВ1	>80%	↓	↓	↓↓↓
ОФВ1/ФЖЕЛ	>0,7	>0,7	<0,7	<0,7

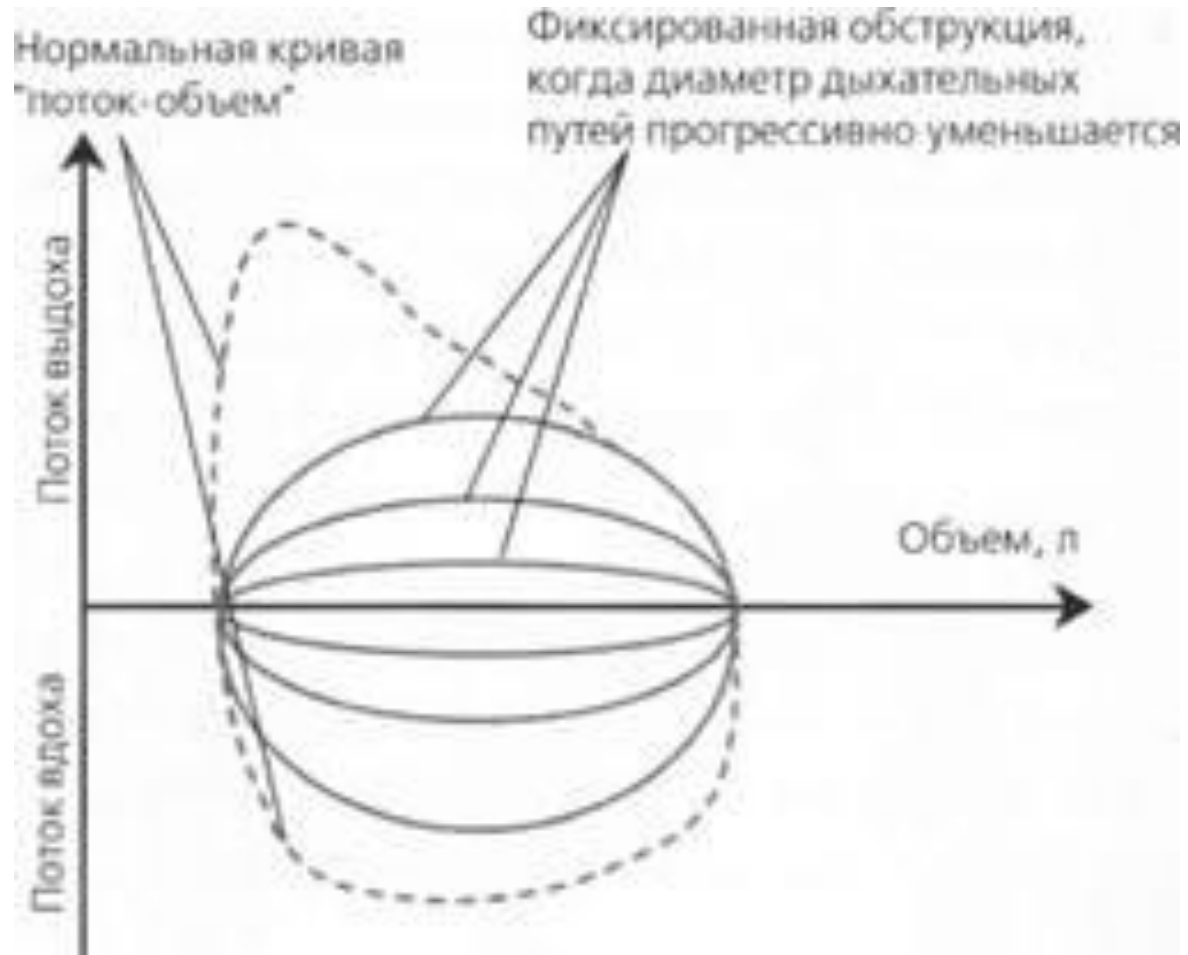
Кривые поток-объем нарисуем на доске



Курение (> 12–15 пачко-
лет), гиперкапния,
гипоксия, кахексия,
декомпенсированное
cor pulmonale
у больного ХОЗЛ

Рисунок 5. Исход ХОЗЛ, который можно было бы предотвратить. Зачастую такие больные никогда не исследуют ФВД

Кривая поток-объем при обструкции верхних дыхательных путей



Принципы лечения пациентов с ДН

- Лечение основного заболевания
- Трансплантация легких (при ХОБЛ, муковисцидозе, легочных фиброзах)
- Кислородотерапия
- Вспомогательная вентиляция легких (инвазивная и неинвазивная)

Длительная кислородотерапия (ДКТ)

- ДКТ – единственный метод терапии, способный снизить летальность больных с тяжелой ХДН
- Предупреждение прогрессирования Г
- Уменьшение диспноэ и улучшение переносимости нагрузок
- Коррекция эритроцитоза
- Улучшение функции дыхательных мышц

