

**ДЫХАТЕЛЬНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ**  
**ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И**  
**МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ**

# Дыхательная недостаточность – тяжелое нарушение обмена дыхательных газов

## ТИПЫ ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ:

Формы дыхательной недостаточности	Признаки
<b>Гипрекапническая</b>	<b><math>PaCO_2 &gt; 45</math> мм. рт. ст.</b>
<b>Острая</b>	Развивается в течение нескольких минут или часов
<b>Хроническая</b>	Развивается в течение нескольких дней или недель
<b>Гипоксемическая</b>	<b><math>PaO_2 &lt; 55</math> мм. Рт. Ст. при дыхании <math>O_2</math> (60% или более высокие концентрации)</b>
<b>Острая</b>	Развивается в течение нескольких минут или часов
<b>Хроническая</b>	Развивается в течение нескольких дней или недель

## Гиперкапническая дыхательная недостаточность

Основной диагностический критерий –  **$P_aCO_2$**  превышает **45** мм. рт. ст.

Часто используемый синонимичный термин «несостоятельность насоса» – расстройства при которых альвеолярная вентиляция ограничена относительно скорости продукции  **$CO_2$**

## Гипоксемическая дыхательная недостаточность

Основной диагностический критерий – клинически значимая гипоксемия, устойчивая к кислородной терапии с высокими (и потенциально токсическими) концентрациями  **$O_2$**

# ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ

- 1.Центральная нервная система
- 2.«Грудные мехи» – периферическая нервная система, дыхательные мышцы и грудная стенка
- 3.Воздухоносные пути
- 4.Альвеолярные газообменные единицы

Нервный импульс (ЦНС: продолговатый мозг)

Эфферентное управление дыхательными мышцами (осуществляется диафрагмальными и другими мотонейронами периферической нервной системы)

Изменение внутригрудного давления, вызванное сокращением инспираторных мышц



Обеспечение потока воздуха и доставка его к альвеолам

Гипрекапническая дыхательная недостаточность — «несостоятельность насоса» фактически указывает на:

- Поражение ЦНС
- Поражение грудных мхов
- Поражение воздухоносных путей

Гипоксемическая («собственно легочная недостаточность») дыхательная недостаточность почти всегда указывает на:

- Дисфункцию альвеол
- Дисфункцию легочных капилляров
- Дисфункцию альвеоло-капиллярной мембраны

Основной механизм гипрекапнической  
дыхательной недостаточности —

продолжительное несоответствие между  
вентиляторным обеспечением (максимальная  
вентиляция, которая может поддерживаться) и  
вентиляторным запросом (общий уровень  
вентиляции, обеспечиваемый дыхательным  
центром)

## Факторы, снижающие вентиляторное обеспечение

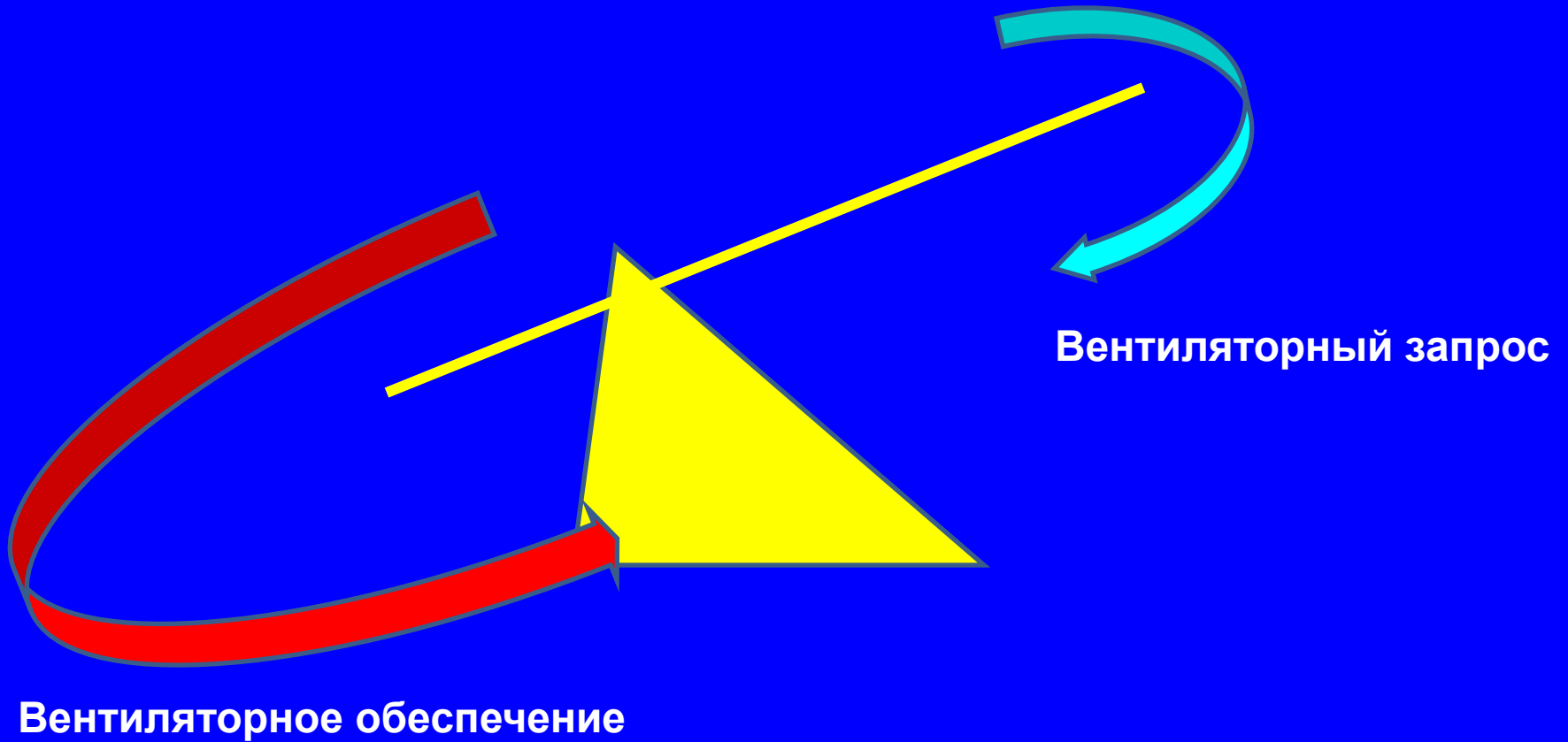
<b>Фактор</b>	<b>Клинические примеры</b>
<b>Нарушение механики дыхания</b> <i>Обструкция ВП</i>	<i>Бронхиальная астма, ХОБЛ</i>
<i>Деформация грудной клетки</i>	<i>Кифосколиоз, деформация грудной клетки</i>
<i>Уменьшение объема легких</i>	<i>Пневмония, интерстициальные поражения легких, большой плевральный выпот</i>

## Факторы, снижающие вентиляторное обеспечение

Фактор	Клинические примеры
<p><b><u>Снижение силы и выносливости дыхательных мышц</u></b> Нарушение функции диафрагмальных нервов</p>	<p><i>Синдром Гийена – Барре, полиомиелит</i></p>
<p>Нарушение нервно-мышечной передачи</p>	<p><i>Миастения</i></p>
<p>Атрофия дыхательных мышц</p>	<p><i>Длительная искусственная вентиляция, недостаточность питания</i></p>
<p>Слабость дыхательных мышц</p>	<p><i>Электролитные нарушения, гипоксемия, ацидоз</i></p>
<p>Отклонения в отношении «сила – длина» диафрагм</p>	<p><i>Гиперинфляция легких, уплощение диафрагмы</i></p>



# БАЛАНС МЕЖДУ ВЕНТИЛЯТОРНЫМ ЗАПРОСОМ И ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЕМ



Вариант нормы: Обеспечение > Запрос

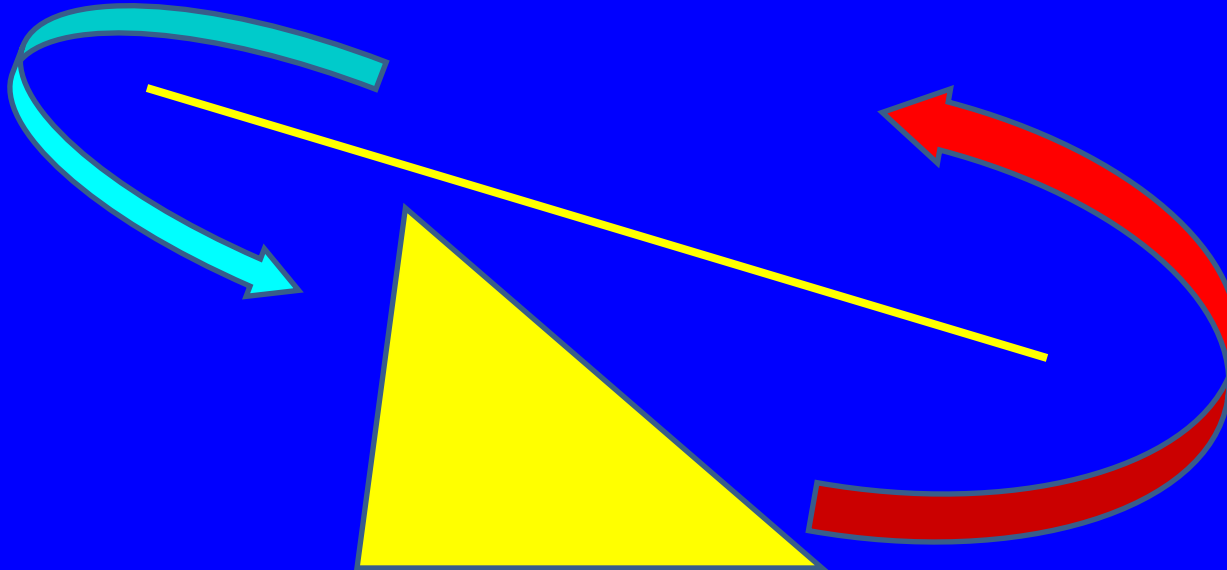
# БАЛАНС МЕЖДУ ВЕНТИЛЯТОРНЫМ ЗАПРОСОМ И ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЕМ



Состояние пограничное с дыхательной недостаточностью:  
Обеспечение = Запрос

# БАЛАНС МЕЖДУ ВЕНТИЛЯТОРНЫМ ЗАПРОСОМ И ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЕМ

Вентиляторное обеспечение



Вентиляторный запрос

Состояние явной дыхательной недостаточности:  
Обеспечение < Запрос

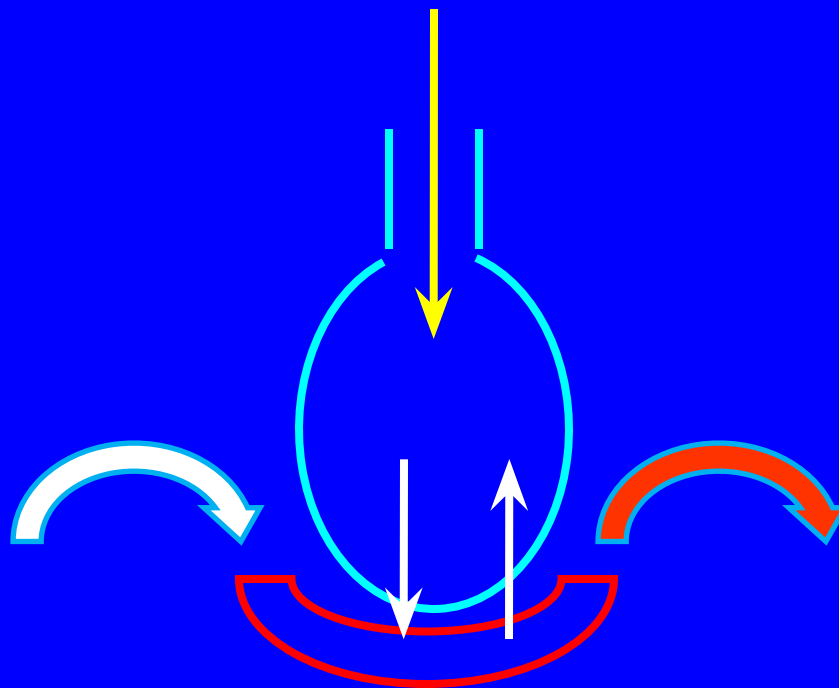
## Гипоксемическая (паренхиматозная) форма дыхательной недостаточности

Основные механизмы развития гипоксемии при паренхиматозной форме дыхательной недостаточности:

- Нарушение вентиляционно-перфузионных отношений ( $V/Q$ ) с образованием право-лево-сердечного «шунтирования» крови (альвеолярного шунта) или увеличением альвеолярного мертвого пространства
- Снижение суммарной функционирующей поверхности альвеоло-капиллярных мембран
- Нарушение диффузии газов

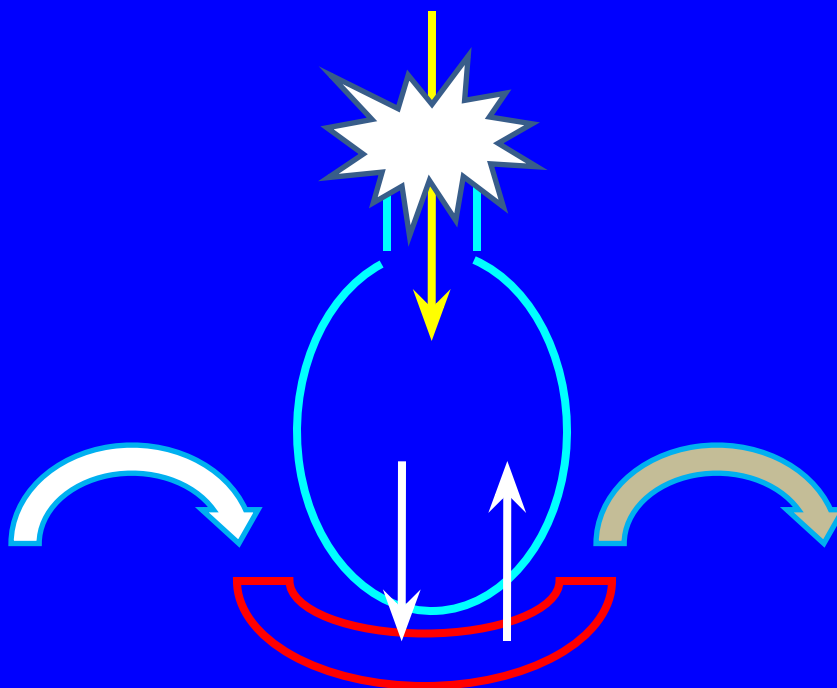
Гипоксемическая ДН характеризуется значительным нарушением процесса оксигенации крови в легких, что приводит к преимущественному снижению  $P_aO_2$  в артериальной крови

# Типы нарушений вентиляционно-перфузионных нарушений



Вариант нормы:  $V/Q = 0.8$

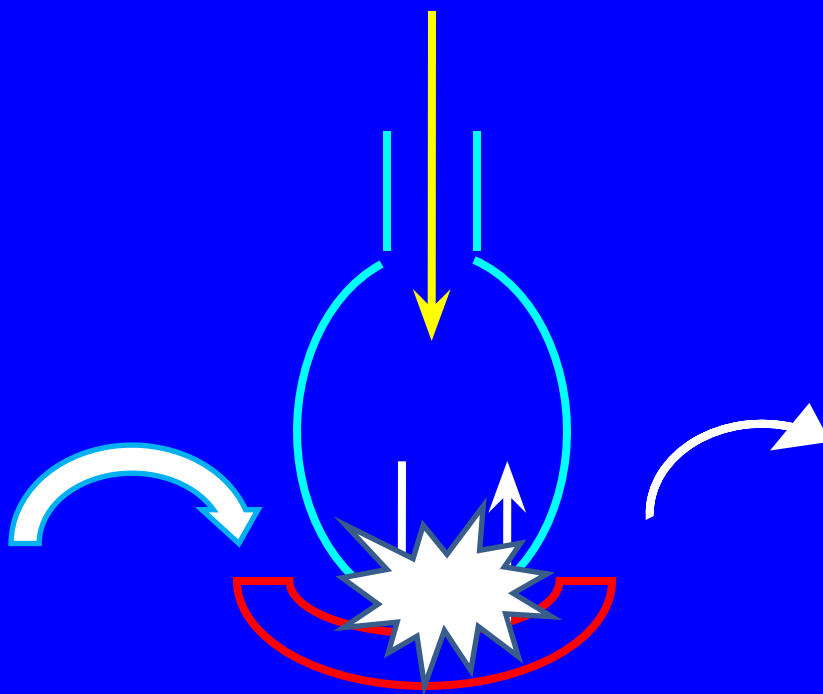
# Типы нарушений вентиляционно-перфузионных нарушений



Нарушена вентиляция, но сохранен кровоток (эффект венозного шунтирования)

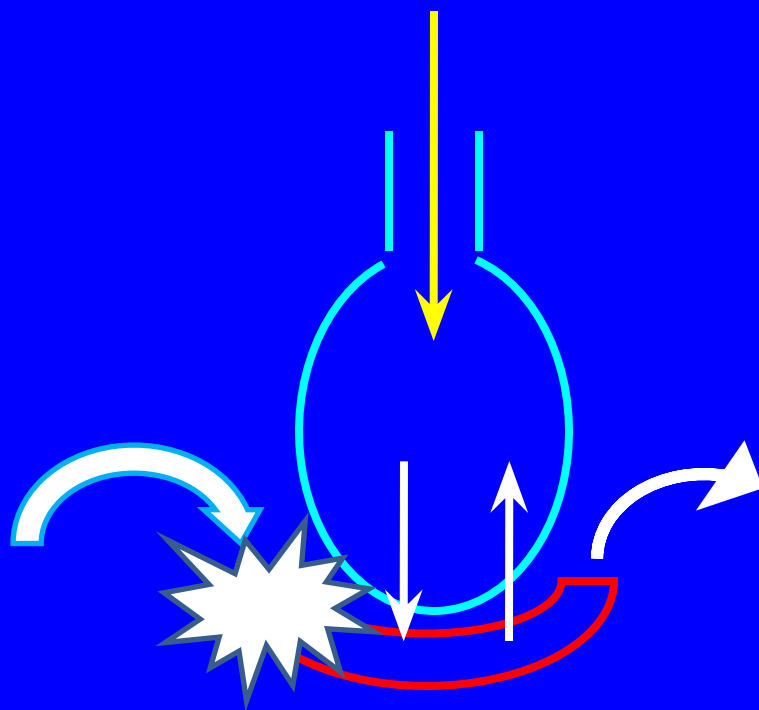
$$V/Q = 0$$

# Типы нарушений вентиляционно-перфузионных нарушений



Нарушена диффузия газов за счет воспалительного утолщения альвеол

# Типы нарушений вентиляционно-перфузионных нарушений



Нарушен кровоток, но сохранена вентиляция  
 $V/Q > 1.0$  (эффект увеличения альвеолярного мертвого пространства)



# Диагностика дыхательной недостаточности

## Клинические проявления

*Основное проявление ДН – одышка*

*Одышка – субъективное ощущение неудовлетворенности дыханием, дискомфорт в дыхании*

*Описание Больным «... не хватает воздуха, тяжело дышать, не удовлетворяет глубина вдоха, хочется вдохнуть глубже, но не удается и т. д)*

**ВЫРАЖЕННОСТЬ ОДЫШКИ МОЖЕТ БЫТЬ КРИТЕРИАЛЬНЫМ РАЗГРАНИЧЕНИЕМ СТЕПЕНИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ**

# Диагностика дыхательной недостаточности

## Клинические проявления

### СТЕПЕНЬ ДН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫРАЖЕННОСТИ ОДЫШКИ (по А.Г.Дембо)

**I степень** – одышка возникает при большой, привычной больному физической нагрузке, например, подъем на 4 этаж пешком, при том, что ранее пациент постоянно поднимался на 4 этаж и был тренирован на эту нагрузку

**II степень** – одышка возникает при небольшой физической нагрузке ( неспешная ходьба, подъем на один этаж, умывание и одевание)

**III степень** – одышка в покое

# Диагностика дыхательной недостаточности

## Клинические проявления

*Данные физикального обследования:*

- 1. Оценка формы грудной клетки*
- 2. Данные оценки перкуссии легких, экскурсии нижнего края легких*
- 3. Оценка симптома «кашель»*
- 4. Форма ногтевых фаланг*
- 5. Окраска кожных покровов*
- 6. Оценка частоты дыхательных движений*
- 7. Оценка настроения*
- 8. Оценка возможности разговаривать*
- 9. Положение пациента (сидит, лежит и т. д.)*
- 10. Результаты исследования периферической крови (эритроцитоз, гематокритное число)*

# Диагностика дыхательной недостаточности

## Инструментальная диагностика

### Исследование кислотно-основного состояния при ДН

**Ацидоз** – это нарушение кислотно-основного состояния при котором в крови появляется абсолютный или относительный избыток кислот и повышается концентрация водородных ионов ( $\text{pH} < 7.35$ )

**Алкалоз** – нарушение кислотно-основного состояния, при котором наблюдается абсолютный или относительный избыток количества оснований и понижением концентрации водородных ионов ( $\text{pH} > 7.35$ )

**Диагностика дыхательной недостаточности**

**Инструментальная диагностика**

**Исследование кислотно-основного состояния при**

**ДН**

**ОСНОВНЫЕ ВАРИАНТЫ НАРУШЕНИЙ КИСЛОТНО-  
ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ**

**1.РЕСПИРАТОРНЫЙ АЦИДОЗ**

**2.РЕСПИРАТОРНЫЙ АЛКАЛОЗ**

**3.НЕРЕСПИРАТОРНЫЙ (МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ) АЦИДОЗ**

**4.НЕРЕСПИРАТОРНЫЙ (МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ) АЛКАЛОЗ**

# Диагностика дыхательной недостаточности

## Инструментальная диагностика

### РЕСПИРАТОРНЫЙ АЦИДОЗ

*Компенсированный респираторный ацидоз:*

- 1. Нормальные значения pH крови*
- 2. Увеличение парциального давления CO<sub>2</sub> в крови (PaCO<sub>2</sub>)*
- 3. Увеличение стандартного бикарбоната (SB)*
- 4. Увеличение избытка оснований*

*Декомпенсированный респираторный ацидоз:*

- 1. pH крови < 7.35*
- 2. Стандартный бикарбонат (SB) снижается до нормы*
- 3. Избыток оснований (BE) снижается до нормы*

# Диагностика дыхательной недостаточности

## Инструментальная диагностика

### РЕСПИРАТОРНЫЙ АЛКАЛОЗ

*Компенсированный респираторный алкалоз:*

- 1. Нормальные значения pH крови*
- 2. Значительное уменьшение  $pCO_2$  в крови*
- 3. Компенсаторное уменьшение стандартного бикарбоната (SB)*
- 4. Компенсаторный дефицит оснований (отрицательная величина BE)*

*Декомпенсированный респираторный алкалоз:*

- 1. pH крови  $> 7.35$*
- 2. Стандартный бикарбонат (SB) повышается до нормы*
- 3. Избыток оснований (BE) повышается до нормы*

# Диагностика дыхательной недостаточности

## Инструментальная диагностика

### НЕРЕСПИРАТОРНЫЙ (МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ) АЦИДОЗ

Наиболее тяжела форма кислотно-основного равновесия, связанная с накоплением в крови нелетучих кислот (молочная,  $\beta$ -оксимасляная, ацетоуксусная). Наблюдается как при тяжелых формах ДН, так и при других состояниях:

- Декомпенсированный сахарный диабет, длительное голодание, тиреотоксикоз, лихорадка, сердечная недостаточность
- Заболевания почек (почечный канальцевый ацидоз, почечная недостаточность)
- Прием лекарств



**Диагностика дыхательной недостаточности**  
**Инструментальная диагностика**  
***НЕРЕСПИРАТОРНЫЙ (МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ) АЛКАЛОЗ***

***Не характерен для дыхательной  
недостаточности!***

# **ОСТРАЯ ДЫХАТЕЛЬНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ**

**1. ПНЕВМОНИИ**

**2. ОТЕК ЛЕГКИХ (ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЙ, ТОКСИЧЕСКИЙ, ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЙ)**

**3. ОБСТРУКЦИЯ ВОЗДУХОНОСНЫХ ПУТЕЙ ПРИ РАЗВЕРНУТОМ ПРИСТУПЕ БА, АСПИРАЦИИ)**

**4. ПЛЕВРАЛЬНЫЙ ВЫПОТ**

**5. АТЕЛЕКТАЗ ЛЕГКИХ**

**6. НЕЙРОМЫШЕЧНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ С ПОРАЖЕНИЕМ ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ**

**7. ПЕРЕДОЗИРОВКА ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ – НАРКОТИЧЕСКИЕ АНАЛЬГЕТИКИ, БАРБИТУРАТЫ И Т.**

**Д.**

**8. НАРУШЕНИЕ ДЫХАНИЯ ВО ВРЕМЯ СНА**

# ОСТРАЯ ДЫХАТЕЛЬНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СТАДИИ РАЗВИТИЯ

**I СТАДИЯ:** В покое явные нарушения газообмена отсутствуют, но уже появляются симптомы, указывающие на компенсаторную активацию дыхания и кровообращения

**II СТАДИЯ:** В покое появляются клинические и лабораторные признаки гиперкапнии и гипоксемии

**III СТАДИЯ:** Развивается выраженная декомпенсация респираторных функций, дыхательный и метаболический ацидоз, появляются и быстро прогрессируют признаки полиорганной недостаточности

# **ОСТРАЯ ДЫХАТЕЛЬНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ**

## **Финальные нарушения: патологические типы дыхания**

**Дыхание Чейн – Стокса: плавное нарастание дыхательной активности и такое же плавное его угасание с относительно короткими периодами апное**

**Дыхание Биотта: периодическое прекращение дыхательной активности (периоды апное от 10 – 30 секунд) с последующим кратковременным восстановлением дыхания**

**Дыхание Куссмауля: глубокое шумное частое дыхание (возникает как правило при глубоком метаболическом ацидозе или токсическом повреждении дыхательного центра)**

# **ОСТРАЯ ДЫХАТЕЛЬНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ**

## **Диагностические критерии**

- 1. Бледность и диффузный цианоз**
- 2. Гемодинамические расстройства: тахикардия, сменяющаяся брадикардией с двухфазным колебанием системного артериального давления: «артериальная гипертензия» – «артериальная гипотензия»**
- 3. Полиорганная недостаточность:**
  - Снижение диуреза**
  - Парез кишечника**
  - Острые эрозии и язвы в желудке и кишечнике, желудочно-кишечные кровотечения**
  - Нарушение функции печени, почек (печеночно-почечная недостаточность) и других органов**

# Инструментальная диагностика ДН

## Оценка функции внешнего дыхания

### ЛЕГОЧНЫЕ ОБЪЕМЫ:

Дыхательный объем (ДО, VT) – объем газа вдыхаемого и выдыхаемого при спокойном дыхании

Резервный объем вдоха (РОВд, IRV) – максимальный объем газа, который можно дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха

Резервный объем выдоха (РОВвд, ERV) – максимальный объем газа, который можно дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха

Остаточный объем легких (ООЛ, RV) – объем газа, остающийся в легких после максимального выдоха

# Инструментальная диагностика ДН

## Оценка функции внешнего дыхания

### ЛЕГОЧНЫЕ ЕМКОСТИ:

**ЖИЗНЕННАЯ ЕМКОСТЬ ЛЕГКИХ (ЖЕЛ, VC)** – сумма ДО, РОвд, РОвыд- максимальный объем газа, который можно выдохнуть после максимального вдоха

**ЕМКОСТЬ ВДОХА (Евд, IC)** – это сумма ДО и РОвд, т.е. максимальный объем газа, который можно спокойно вдохнуть после спокойного выдоха. Эта емкость характеризует способность легочной ткани к растяжению

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОСТАТОЧНАЯ ЕМКОСТЬ (ФОЕ, FRC)** –представляет собой сумму ООЛ и РОвыд, т.е. объем газа, остающегося в легких после спокойного выдоха

**ОБЩАЯ ЕМКОСТЬ ЛЕГКИХ (ОЕЛ, TLC)** – общее количество газа, содержащегося в легких после максимального вдоха.

# Инструментальная диагностика ДН

## Оценка функции внешнего дыхания

### ПРОИЗВОДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ:

- 1. ОБЪЕМ ФОРСИРОВАННОГО ВЫДОХА ЗА СЕКУНДУ (ОФВ1, FEV1)** – количество воздуха, выведенного из легких за первую секунду выдоха
- 2. ИНДЕКС ТИФФНО** – отношение объема форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1) к форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ)
- 3. Максимальная объемная скорость выдоха на уровне **25%, 50%, 75%** форсированной жизненной емкости легких**
- 4. Средняя объемная скорость выдоха на уровне **25 – 75%** форсированной жизненной емкости легких**
- 5. Минутный объем дыхания – величина общей вентиляции легких в минуту при спокойном дыхании**



# Инструментальная диагностика ДН

## Компьютерная спирометрия

ПОКАЗАТЕЛИ	РЕСТРИКЦИЯ	ОБСТРУКЦИЯ	СМЕШАННЫЙ ТИП
ЖЕЛ	ЗНАЧИТЕЛЬНО СНИЖЕНА	НОРМА ИЛИ СНИЖЕНА	СНИЖЕНА
Ровд	СНИЖЕН	НОРМА	СНИЖЕН
Ровыд	СНИЖЕН	СНИЖЕН	СНИЖЕН
ОФВ1	СНИЖЕН	СНИЖЕН	СНИЖЕН
ОФВ1/ФЖЕЛ	НОРМА ИЛИ ПОВЫШЕНО	СНИЖЕНО	СНИЖЕНО
СОС25-75%	СНИЖЕНА	СНИЖЕНА	СНИЖЕНА
ПОС	СНИЖЕНА	СНИЖЕНА	СНИЖЕНА
ФОЕ	СНИЖЕНА	НОРМА ИЛИ ПОВЫШЕНА	СНИЖЕНА
ООЛ	НОРМА ИЛИ СНИЖЕН	ПОВЫШЕН	ПОВЫШЕН
ОЕЛ	СНИЖЕН	НОРМА ИЛИ ПОВЫШЕН	СНИЖЕН
ООЛ/ОЕЛ	НОРМА ИЛИ СНИЖЕНО	ПОВЫШЕНО	ПОВЫШЕНО
ФОЕ/ОЕЛ	НОРМА	НОРМА ИЛИ ПОВЫШЕНО	ПОВЫШЕНО