

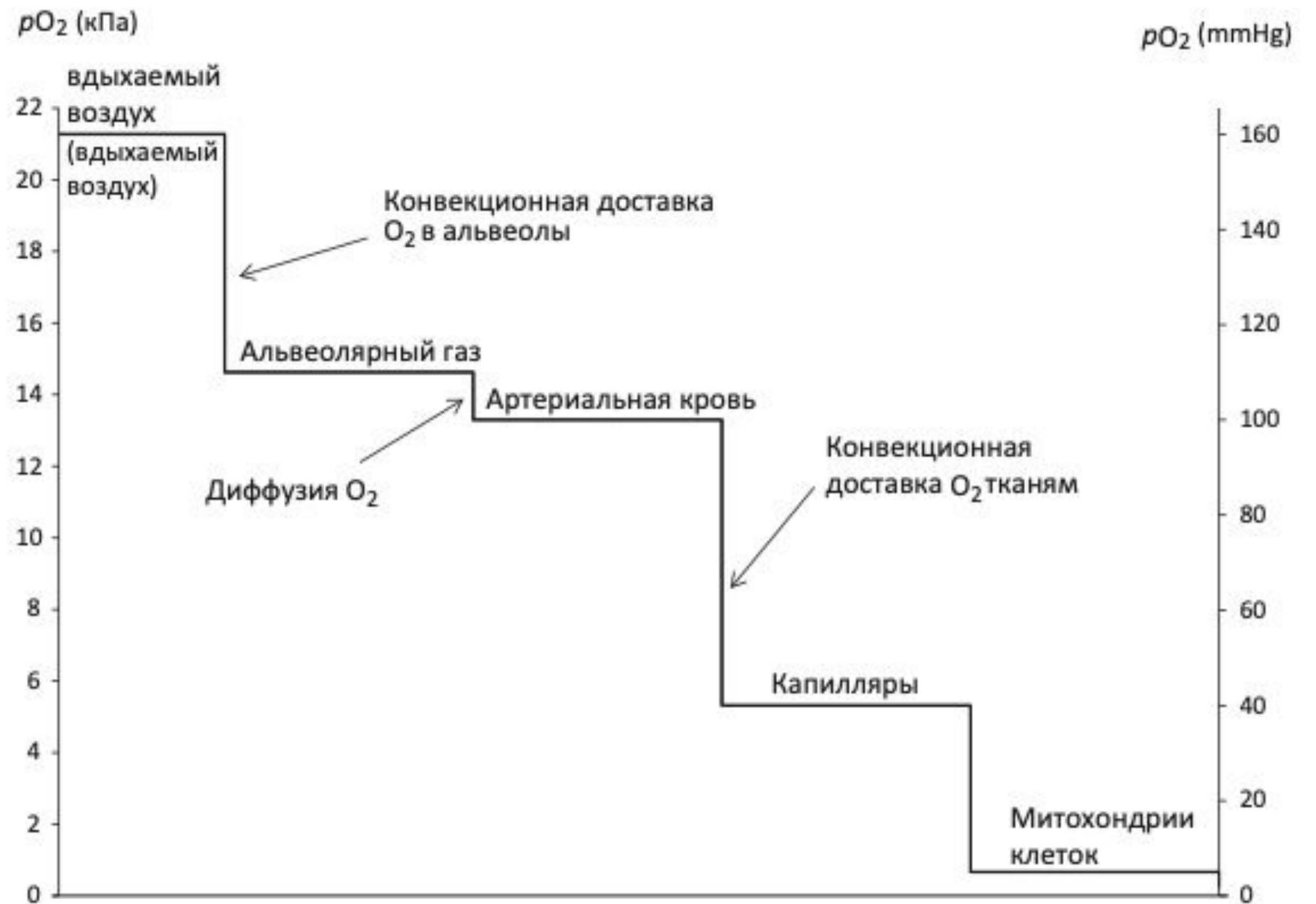
Гипоксемия, гиперкапния и гипокапния  
во время анестезии и в ближайшем послеоперационном  
периоде

Рослякова Алёна, 4  
курс

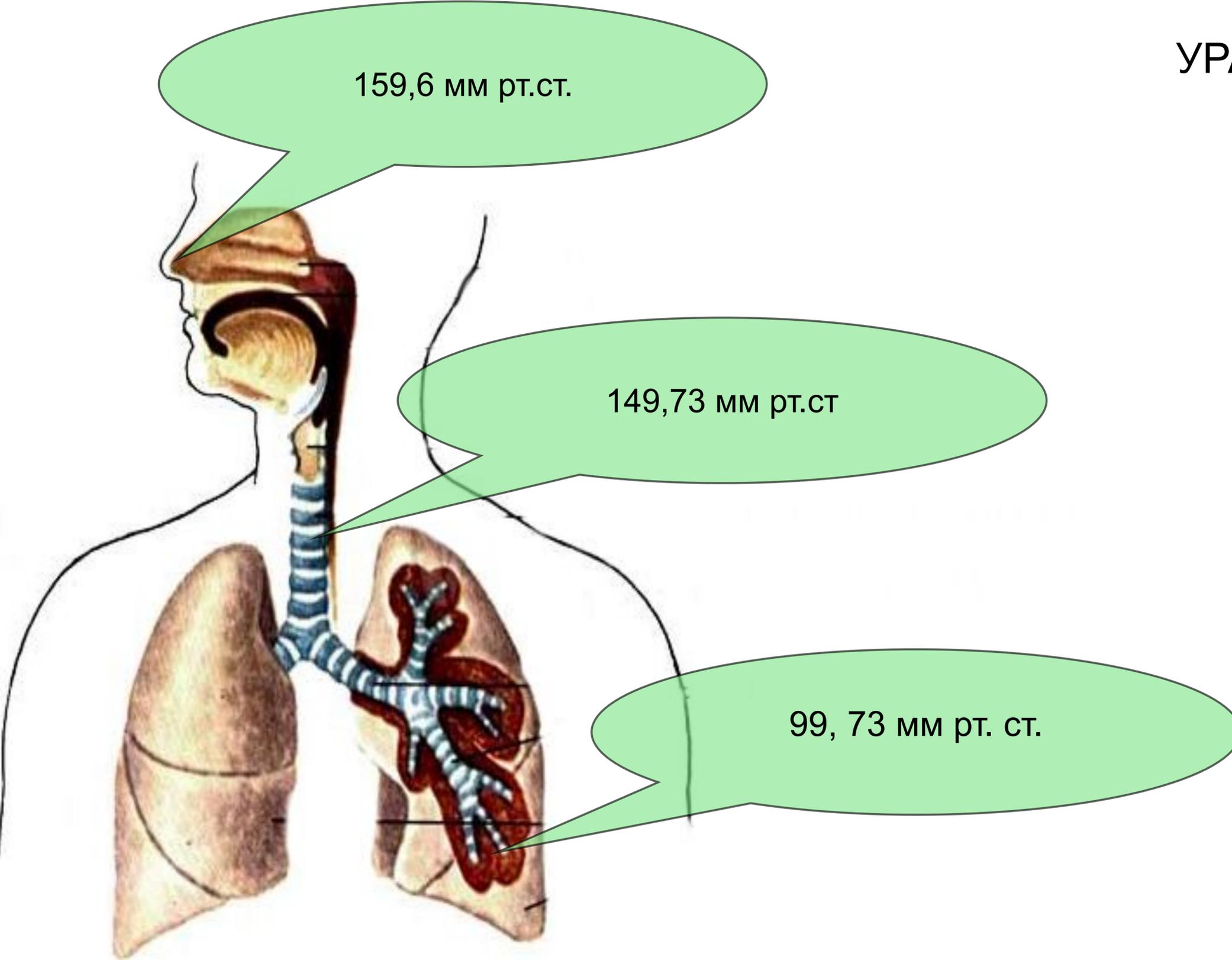
Кислородный каскад— естественное снижение  $PO_2$  на пути от атмосферного воздуха до митохондрий клетки.

Кислород диффундирует по градиенту давления от относительно высокого уровня во вдыхаемом воздухе, до все более низких уровней в дыхательных путях, альвеолярном газе, артериальной крови, капиллярах и, наконец, в клетках/ митохондриях, где наблюдается самый низкий уровень  $PO_2$ .

Градиент давления в кислородном каскаде физиологически очень важен для доставки кислорода воздуха к тканям.



## УРАВНЕНИЕ АЛЬВЕОЛЯРНОГО ГАЗА



Воздух  $P_{O_2} = 149,73$  мм рт. ст. поступает в альвеолу.

В альвеолах вдыхаемая смесь смешивается с альвеолярным газом, кислород поглощается и добавляется углекислый газ.

- 1)  $P_{ACO_2} \approx P_{aCO_2} = 40$  мм рт.ст.- > столько поступает из крови
- 2) RQ( дыхательный коэффициент)- отношение между  $O_2$  и  $CO_2 = 0,8$
- 3) Количество выделившегося в кровь  $O_2$ :

$P_{aCO_2} : RQ = 50$  мм рт. ст.

4)  $P_{AO_2} = 149,73$  мм рт. ст.-  $50$  мм рт. ст. =

$99,73$  мм рт. ст. => движущая сила.

# ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ КИСЛОРОДА В АРТЕРИАЛЬНОЙ КРОВИ

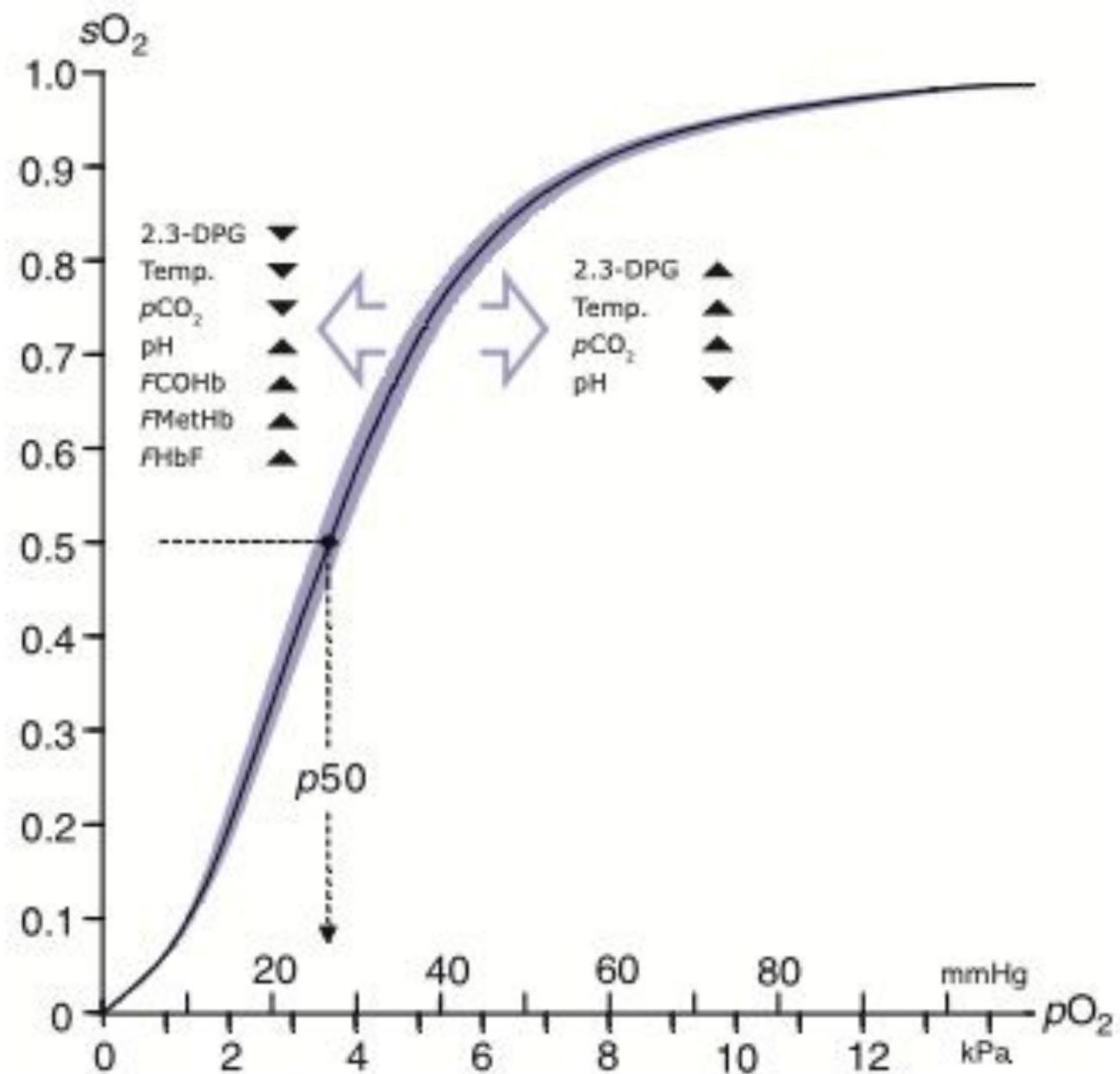
Парциальное давление кислорода ( $P_{aO_2}$ ) в артериальной крови - результат поглощения кислорода путем диффузии через альвеолярно-капиллярную мембрану из легких в кровь. Отражает лишь очень небольшую часть общего содержания кислорода в артериальной крови ( $S_tO_2$ ).

НО! именно этот параметр определяет количество кислорода, связанного с гемоглобином ( $S_{O_2}$ ), и тем самым общее количество кислорода, транспортируемого артериальной кровью и потенциально доступного клеткам.

$P_{aO_2}$

FShunt

АКМ



Если  $P_{aO_2}$  падает, то происходит существенное снижение  $S_{O_2}$  и, следовательно, способность крови к переносу кислорода резко снижается.

# ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ КИСЛОРОДА В АРТЕРИАЛЬНОЙ КРОВИ

Диффузия из альвеолярного пространства в капилляры МК количественно определяется с помощью альвеолярно-капиллярного градиента =  $P_{AO_2} - P_{aO_2}$

Увеличение этого градиента приводит к снижению  $P_{aO_2}$

$P_{AO_2}$ -высота над уровнем моря, фракция кислорода во вдыхаемом воздухе

Диффузионная способность легочной ткани

$V / Q$ : Степень внутри- и внелегочного шунтирования-> прямая зависимость

Гипоксемия - это состояние, при котором парциальное давление кислорода в артериальной крови ниже 80 мм рт. ст. при дыхании воздухом ( $F_iO_2 = 0,21$ ).

Степень выраженности гипоксемии – основа оценки тяжести ОДН.

Гипоксемия ≠ Гипоксия

Но!

В перспективе развитие гипоксии из-за недостаточного общего содержания кислорода в крови-> нарушение механизма оксигенации тканей -> невозможность поддержания нормального аэробного метаболизма->повышение уровня лактата в крови (метаболический ацидоз)

## Симптомы гипоксемии:

Снижение SpO<sub>2</sub>  
(измеренного пульсоксиметром)

+ клинически:

- тахикардия
- артериальная гипертензия
- цианоз



Пульсоксиметр является системой раннего оповещения. Он непрерывно измеряет уровень насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом->может указать на гипоксемию гораздо раньше, чем анестезиолог заметит ее клинические признаки, например цианоз.

# ПРИЧИНЫ:

## I) Неисправное оборудование

- нарушения в работе оксиметра
- ошибки, связанные с нарушением работы мониторов

## II) Ошибки при интубации:

- Интубация пищевода
- Эндобронхиальная интубация

## III) Нарушение вентиляции

### 1) Причины, связанные с оборудованием

- Отсоединения дыхательного контура или трахеальной трубки
- Смещение эндотрахеальной трубки ( плохая фиксация трубки, её смещение при движении головы во время операции)
- Обструкция эндотрахеальной трубки (сдавление зубами, перегиб, попадание сгустков крови, мокроты)

### 2) Отравление препаратами, вызывающих угнетение ДЦ( опиаты, барбитураты)

## ПРИЧИНЫ:

### 3) Повышение сопротивления дыхательных путей

- Ларингоспазм
- Бронхоспазм
- Обструкция ДП (бронхиальным секретом, кровью)

### 4) Пневмоторакс (ятрогенный - при катетеризации подключичной вены)

### 5) Аспирация

### IV) Недостаточная доставка O<sub>2</sub> (все причины, приводящие к уменьшению СВ)

- Гиповолемия
- Эмболия
- Нарушение работы сердца - аритмия, сердечная недостаточность
- Нарушение венозного возврата из-за сдавления НПВ (беременные)

### V) Осложнения со стороны пациента

- Неожиданное развитие анафилактической реакции (бронхиолоспазм)
- Патология легких, которая не была диагностирована
- Избыточная масса тела

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ СОСТОЯНИЯ:

- 1) Оксигенация-100% кислород
- 2) Показания пульсоксиметра считать правильным, пока не будет доказано обратное
- 3) Проинформировать хирурга и остановить какие-либо воздействия до установки причины
- 4) Проверка работы оборудования- если оборудование неисправно, используем мешок Амбу
- 5) Поиск других причин по алгоритму:
  - A – дыхательные пути проходимы?
  - B - дыхание присутствует?
  - C - кровообращение в норме?
  - D - препараты не являются причиной проблемы?

6) При подтверждении других причин- терапия

- При любых сомнениях в правильности положения интубационной трубки - экстубация и использование лицевой маски
- Аспирация- санация дыхательных путей
- Ларингоспазм- углубление анестезии . Применение интубирующей ларингеальной маски. Введение дополнительной дозы миорелаксантов.
- Бронхоспазм-в/в введение аминофиллина
- Угнетение работы ДЦ- введение антидота(налоксон, флумазенил)
- Подозрение на клапанный пневмоторакс-экстренная декомпрессия грудной клетки не дожидаясь результатов рентгенографии
- Анафилаксия- прекратить введение препарата, адреналин
- Нарушение геодинамики-проверить наличие гиповолемии.  
При необходимости- инфузионная терапия+ мезатон
- Рассмотреть возможность изменения положения пациента (беременные) с целью уменьшения давления матки на НПВ (голова на более низком уровне, ноги на более высоком уровне)

# ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА

Количество  $\text{CO}_2$  в крови контролируется частотой и глубиной дыхания.

$P_{\text{aCO}_2}$  - это параметр, характеризующий дыхательный компонент кислотно-основного состояния и отражающий адекватность легочной вентиляции. Он зависит от содержания в крови небольшой порции двуокиси углерода (~5 % от общего  $\text{CO}_2$ ), которая растворена в плазме крови.

В нормальных условиях поддерживается относительно постоянный уровень  $P_{\text{aCO}_2}$  между 35 и 45 мм рт.ст.

Понятия гипокапния и гиперкапния обозначают уменьшение и увеличение показателя  $P_{\text{aCO}_2}$  соответственно ниже и выше нормальной величины. Метод мониторинга—капнография.

# Гиперкапния- повышение парциального напряжения CO<sub>2</sub> выше 45 мм рт. ст.

## ПРИЧИНЫ:

1)Связанные с оборудованием:

- Израсходованные абсорбенты- отработанная натронная известь
- Неисправность обратного клапана выдоха
- Увеличение мертвого пространства- длинные трубки вентилятора

2)Гиповентиляция, которая является результатом неадекватных дыхательных объемов и / или частоты дыхания, способствующих низкой минутной вентиляции

3) Системная абсорбция во время лапароскопических операции с наложением карбоксиперитонеума

## КОРРЕКЦИЯ СОСТОЯНИЯ:

1)Коррекция частоты и глубины дыхания пациента- выставление других параметров дыхания на аппарате ИВЛ

2)Проверка работы оборудования, замена натронной извести

Гипокапния - снижение парциального напряжения  $CO_2$  ниже 34 мм рт. ст.

Основная причина- гипервентиляция

Избыточная минутная вентиляция, неверная ЧД и ДО, выставленные на аппарате ИВЛ-> $\downarrow P_{CO_2}$  во вдыхаемом воздухе-> развитие алкалоза.

КОРРЕКЦИЯ СОСТОЯНИЯ:

Коррекция частоты и глубины дыхания пациента- выставление других параметров дыхания на аппарате ИВЛ.

# РАННИЙ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Чтобы точно определить частоту и тяжесть послеоперационной гипоксемии, необходимо постоянно регистрировать сатурацию.

При необходимости для коррекции состояния пациенту показана кислородотерапия

**ЦЕЛЬ:** устранение послеоперационной гипоксемии

При некоторых особенностях пациента, операции или раннего послеоперационного периода развитие гипоксемии можно прогнозировать:

- возраст
  - вес
  - предоперационная анемия
  - ХОБЛ
  - хирургический разрез в верхней части живота или внутригрудной области
  - продолжительность операции более 2 часов
- БОЛЕЕ ПРИСТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ.**

# ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ

1) Гиповентиляция (  $\downarrow P_{aO_2}$  ,  $\uparrow P_{CO_2}$  )- развивается сразу, после выхода из наркоза

- Недостаточная декураризация
- Отравление препаратами, вызывающее угнетение ДЦ

2) Эмболия (  $\downarrow P_{aO_2}$  , рефлексорный бронхоспазм при гипоперфузии )

- ТЭЛА мелких ветвей ЛА
- Жировая эмболия при операции на трубчатых костях
- Эмболия околоплодными водами ( акушерство )

3) Нарушение проходимости верхних ДП (  $\downarrow P_{aO_2}$  , возможны  $\uparrow P_{CO_2}$   $\downarrow P_{CO_2}$  )

- Отек и гематома гортани после травмы, полученной при интубации
- Двухсторонне повреждение возвратного нерва
- Инородные тела, оставленные после анестезии
- Ларингоспазм

4) Бронхоспазм (  $\downarrow P_{aO_2}$  ,  $\uparrow P_{CO_2}$  )

5) Ателектаз (  $\downarrow P_{aO_2}$  ,  $\uparrow P_{CO_2}$  )- развивается на 3-4 сутки

6) Развитие послеоперационной пневмонии (  $\downarrow P_{aO_2}$  , одышка )- развивается на 5-6 сутки

- Снижение защитных механизмов легких и присоединение инфекции
- Развивается на фоне сформировавшихся во время операции ателектазов
- Аспирационная пневмония

7) Развитие ОРДС (  $\downarrow P_{aO_2}$  )

- Аспирация
- Послеоперационный сепсис

# ТЕРАПИЯ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ:

## ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ:

- 1) Установление причины
- 2) Кислородотерапия
- 3) При неэффективности- замена функций внешнего дыхания

## ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ:

- 1) Возможно использование антидотов при угнетении ДЦ
- 2) Декураризация
- 3) Ликвидация сопутствующей обструкции ВДП
- 4) Обеспечение дренажа мокроты
- 5) При ателектазе- применение ИВЛ в РЕЕР режиме
- 6) При бронхоспазме- внутривенное введение холинолитиков, ГКС
- 7) ОРДС
  - ИВЛ с высоким  $F_iO_2$
  - лечение причины
  - ГКС в высоких концентрациях
- 8) ТЭЛА
  - Антикоагулянты
  - Тромболитис
- 9) Применение АБП при пневмонии



**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ**