

# Дыхательная недостаточность

синдром, при котором аппарат внешнего дыхания (АВД) не способен обеспечить нормальный газовый состав крови, или нормальный газовый состав достигается напряжением компенсаторных механизмов

# Аппарат внешнего дыхания

## Система управления:

- Дыхательные центры
- Рецепторы (сенсоры)
- Нервные проводники

## Механический привод:

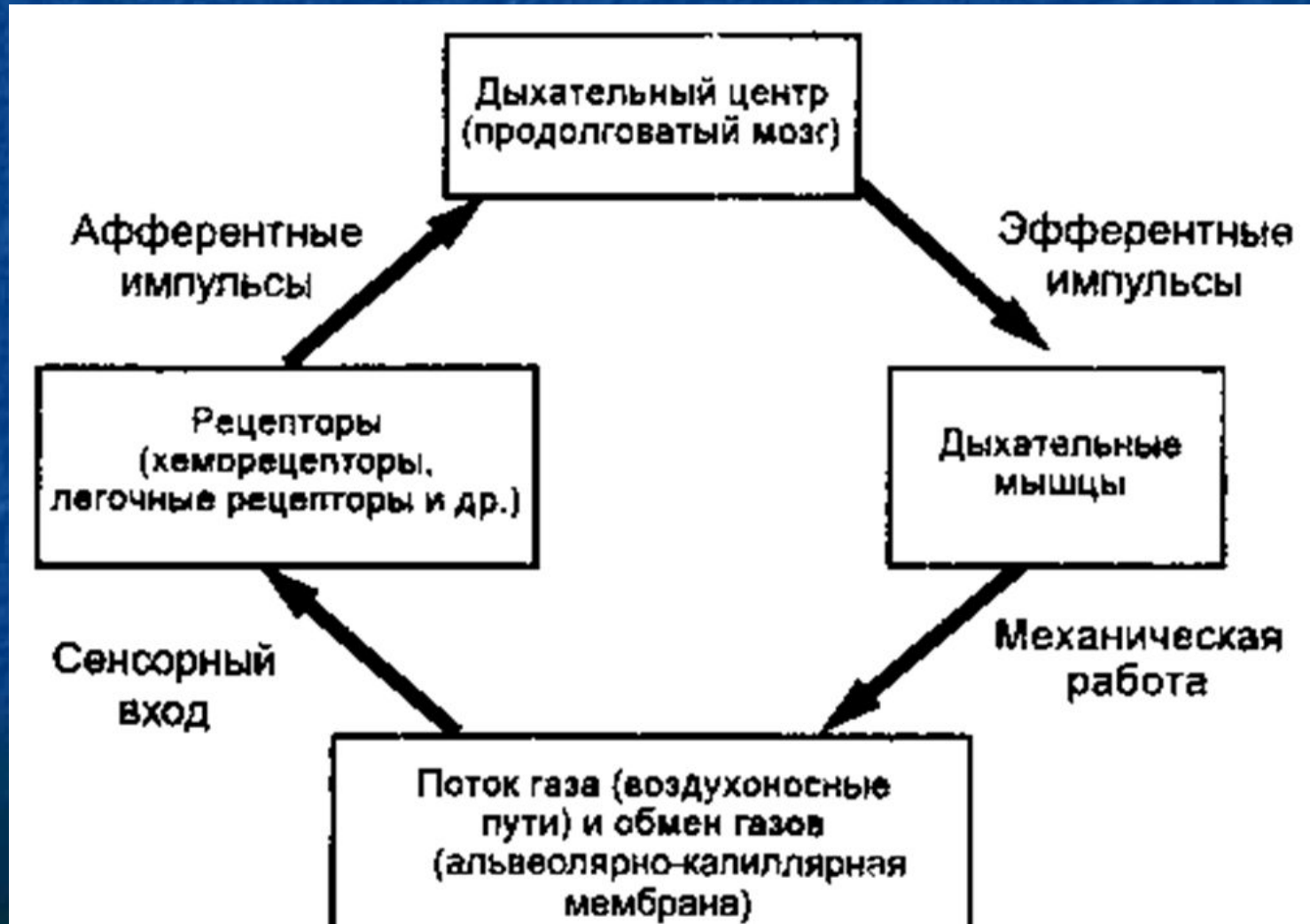
- Грудная клетка
- Дыхательные мышцы

## Бронхолегочная система:

- Кондуктивная зона (воздухоносные пути)
- Газообменная зона (альвеолы)

# Система регуляции дыхания, как контур отрицательной обратной связи

*Как регулируется газообмен*





# Виды функциональных расстройств АД

1. Нарушение центральной регуляции дыхания.

- выключение инспираторного драйва

- искажение респираторного драйва

2. Нарушения механики дыхания

- обструктивные и рестриктивные расстройства

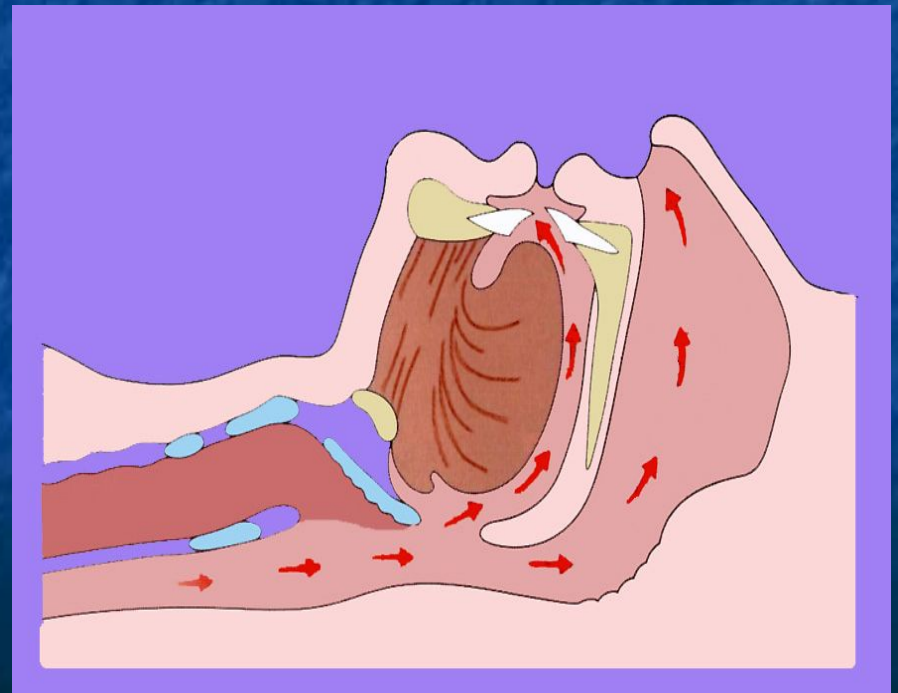
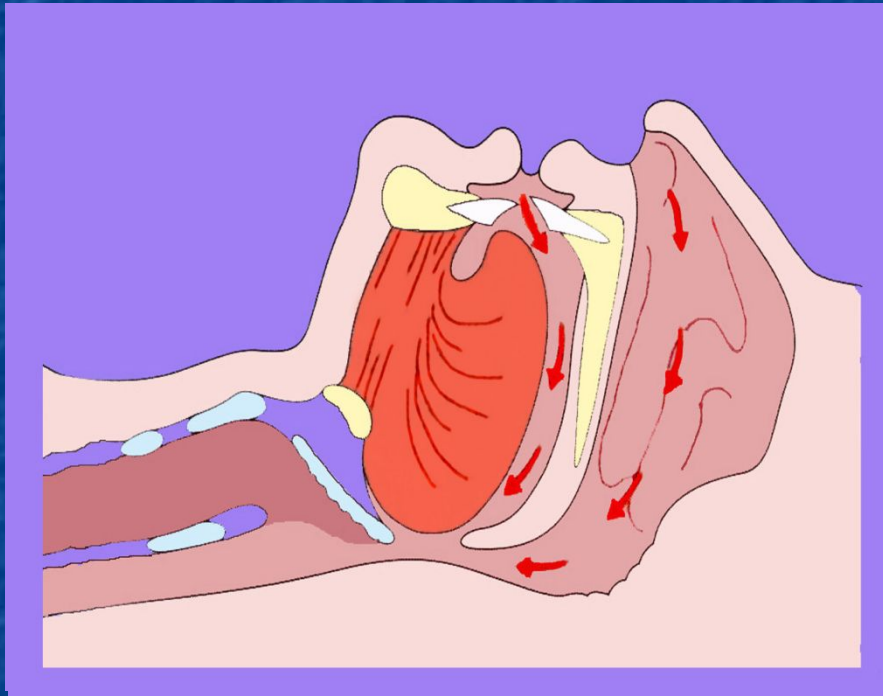
4. Нарушения диффузии газов через альвеолокапиллярную мембрану.

ДН может быть обусловлена каждым из перечисленных механизмов или, что чаще всего, их совокупностью

# Нарушение центральной регуляции дыхания

- это нарушение объема, ритма и частоты дыхания, не позволяющее обеспечить должную минутную вентиляцию, связанные с ненормальным функционированием дыхательного центра (ДЦ) из-за повреждения головного или спинного мозга.

# Обструкция верхних дыхательных путей





# Методы оценки центральной инспираторной активности

- оценка изменения вентиляции при гипоксической или гиперкапнической стимуляции дыхательного центра
- реакция аппарата вентиляции на дополнительное сопротивление
- анализ продолжительности и соотношения фаз дыхательного цикла
- оценка нейрограммы и электромиограммы дыхательных мышц
- измерение окклюзионного давления дыхательных путей в начальной фазе вдоха (**P100**)

# Обструктивный синдром

- сужение просвета дыхательных путей  
→ нарушается свободное поступление свежей порции газа и элиминация отработанной

=>

- 1. снижение эффективности газообмена*
- 2. увеличение работы дыхания*

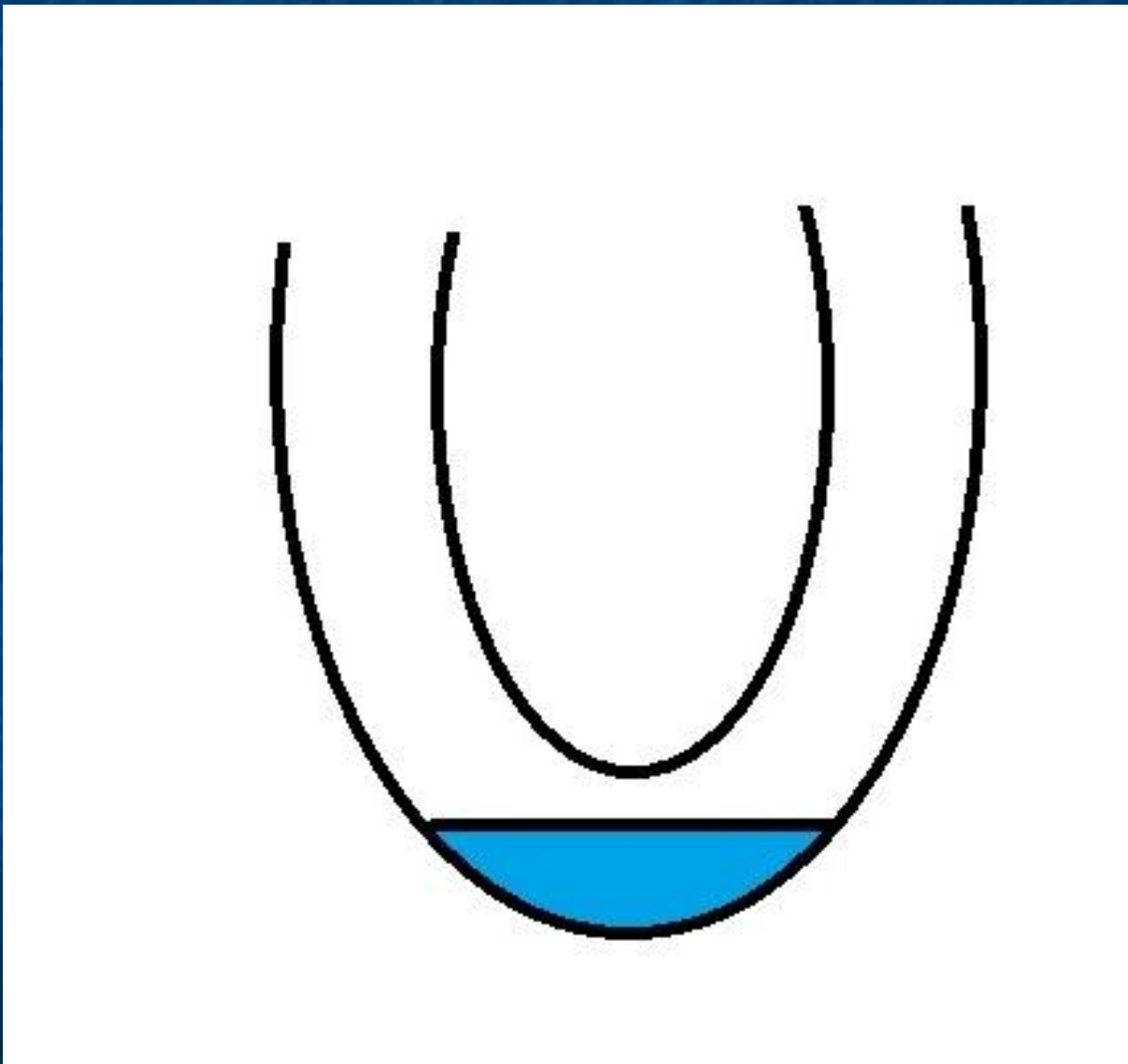


# Обструктивные расстройства



- **Спирометрия** ( $ОФВ_1$ , ПСВ,  $МОС_{25,50,75}$ ,  $ОФВ_1/ЖЕЛ$ )
- **Обратимость обструкции**
- **Критерии ЭЗДП** (ОЗЛ, ЖЕЛ/ФЖЕЛ, ЕЗЛ/ОЕЛ)
- **Сопротивление** (ВДС, **R**aw)

# Обструкция контура



# *Рестриктивные расстройства*

**Растяжимость легких** уменьшается при:

- *массивное ателектазирование*
- *гипергидратация и выраженная кровенаполненность легочной ткани.*

**Растяжимость грудной клетки** уменьшается при:

- *анкилозирующем спондилите, циркулярном ожоге грудной клетки, ограничении экскурсии диафрагмы, тораксы*
- *мышечная слабость при нормальной растяжимости*



# Рестриктивные расстройства



- **Спирометрия** (ЖЕЛ, ФЖЕЛ)
- **Легочные объемы**  
(остаточный объем, общая емкость легких)
- **Растяжимость**, (**С** -комплайнс легких)

# Нарушение функций дыхательных мышц

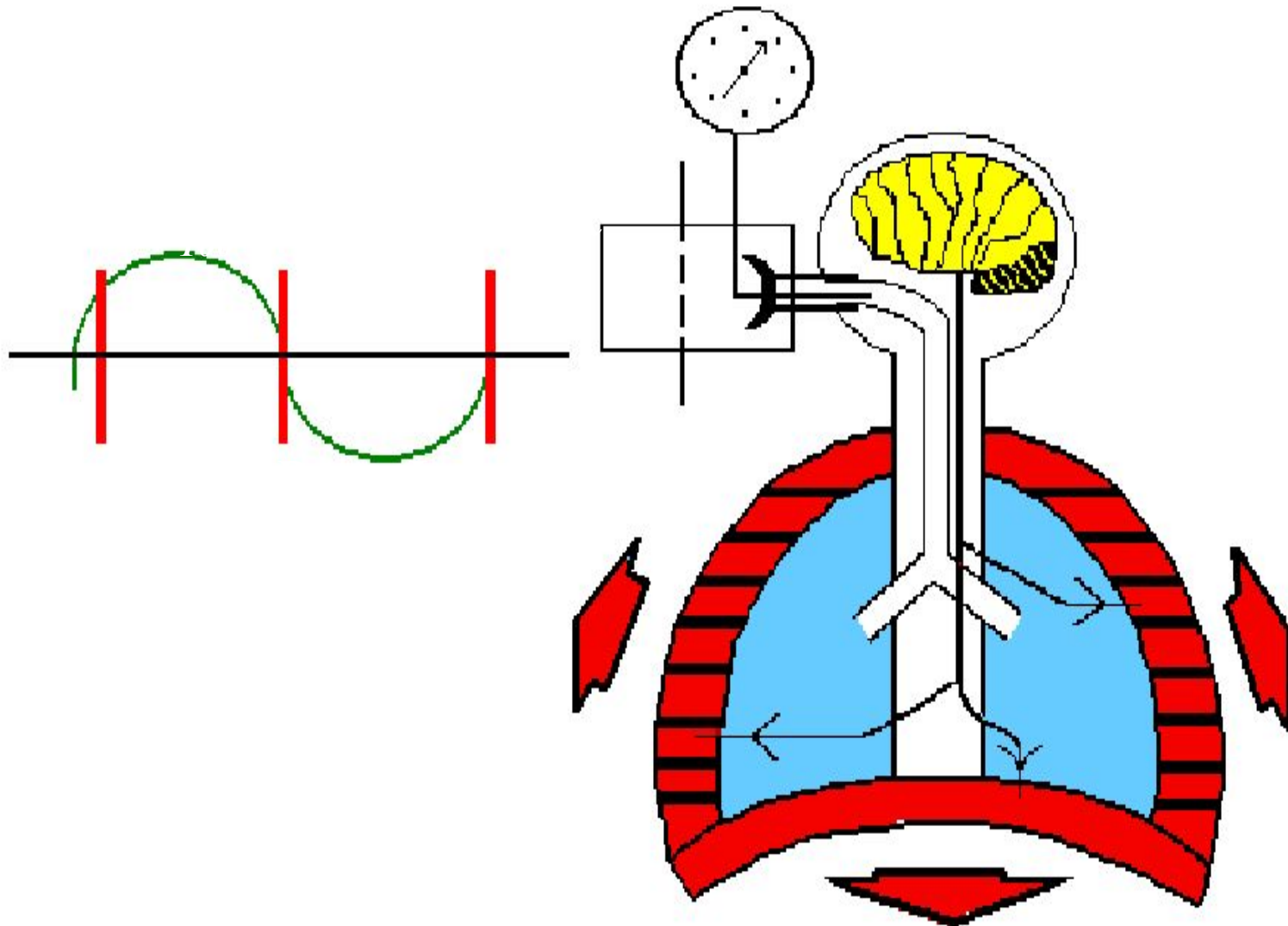
- *Миалгии*
- *Миодистрофии*
- *Травмы*
- *Интоксикации*
- *Коллагенозы*
- *Электролитные нарушения*
- *Утомление мышц*

# Методы оценки функции дыхательных мышц

- Электромиография
- Механомиография
- Трансдиафрагмальное давление
- **Измерение окклюзионного давления**



# Измерение окклюзионного давления



# Диффузионные нарушения

- Связанные с нарушением пассивной диффузии
- Связанные с увеличением диффузионного сопротивления

# Пассивная диффузия

$$V_x = D_x \times S \times A \cdot aDX/d,$$

$V_x$  – объемная скорость диффузии вещества X через АКМ

$D_x$  – коэффициент диффузии, характеризующий проницаемость мембран для X

$S$  – контактная площадь мембраны

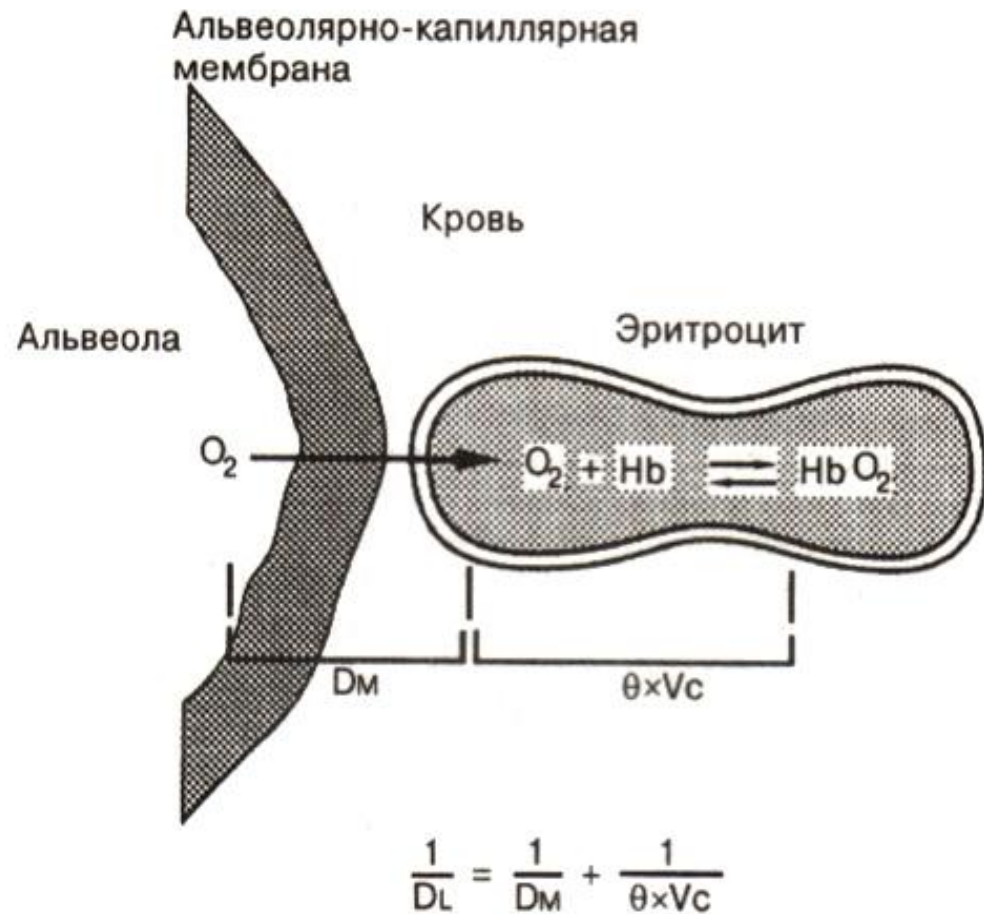
$A \cdot aDX$  – альвеоло-капиллярный градиент парциальных давлений X

$d$  – толщина мембраны (0,2 мкм)



# Сопротивление диффузии

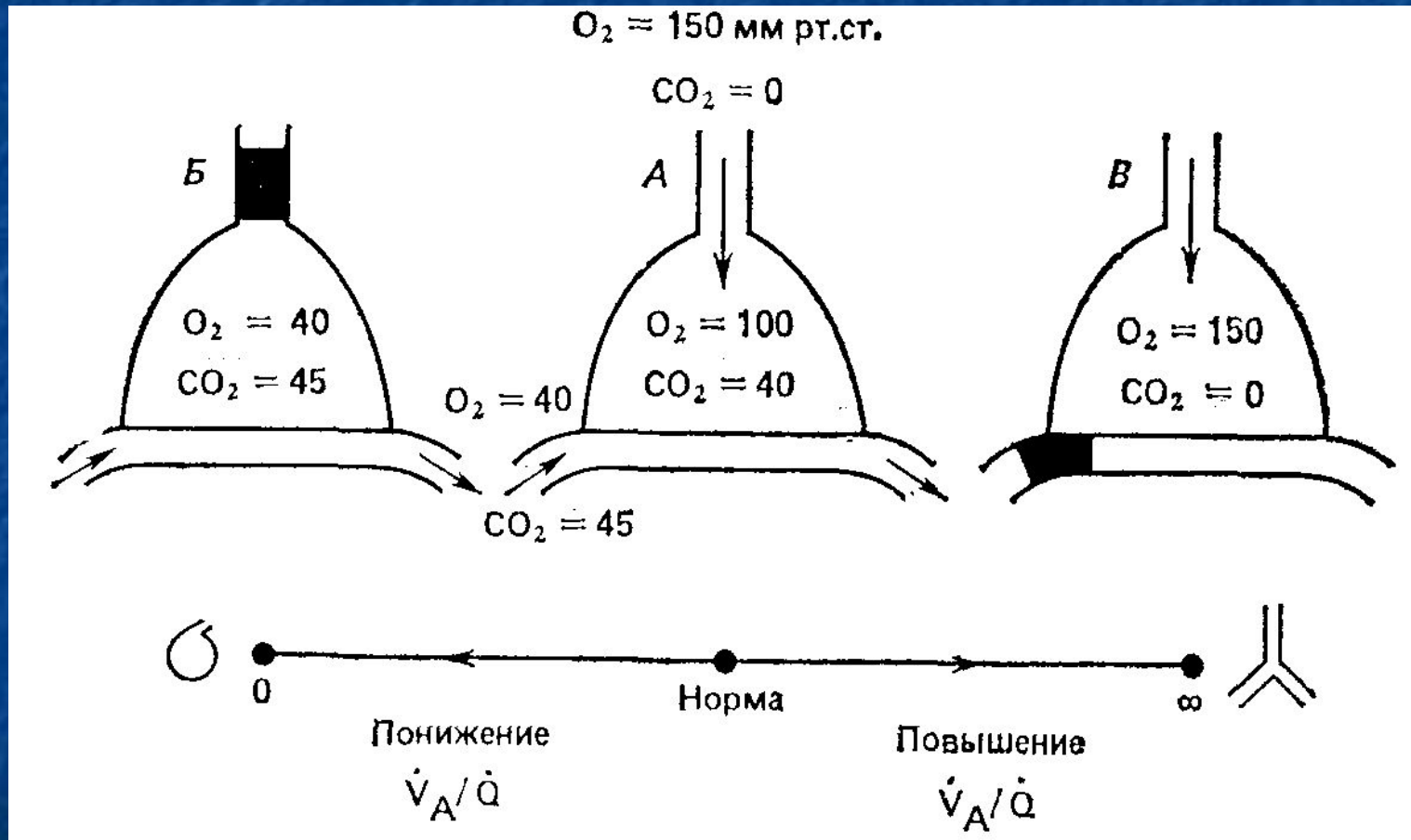
- $D_L$  - диффузионная способность легких  
 $D_M$  - диффузионная способность мембраны, включая мембрану эритроцита  
 $\theta$  - скорость реакции  $O_2$  (или  $CO$ ) с гемоглобином  
 $V_c$  - объем капиллярной крови



Общее сопротивление диффузии газа складывается из трех компонентов:

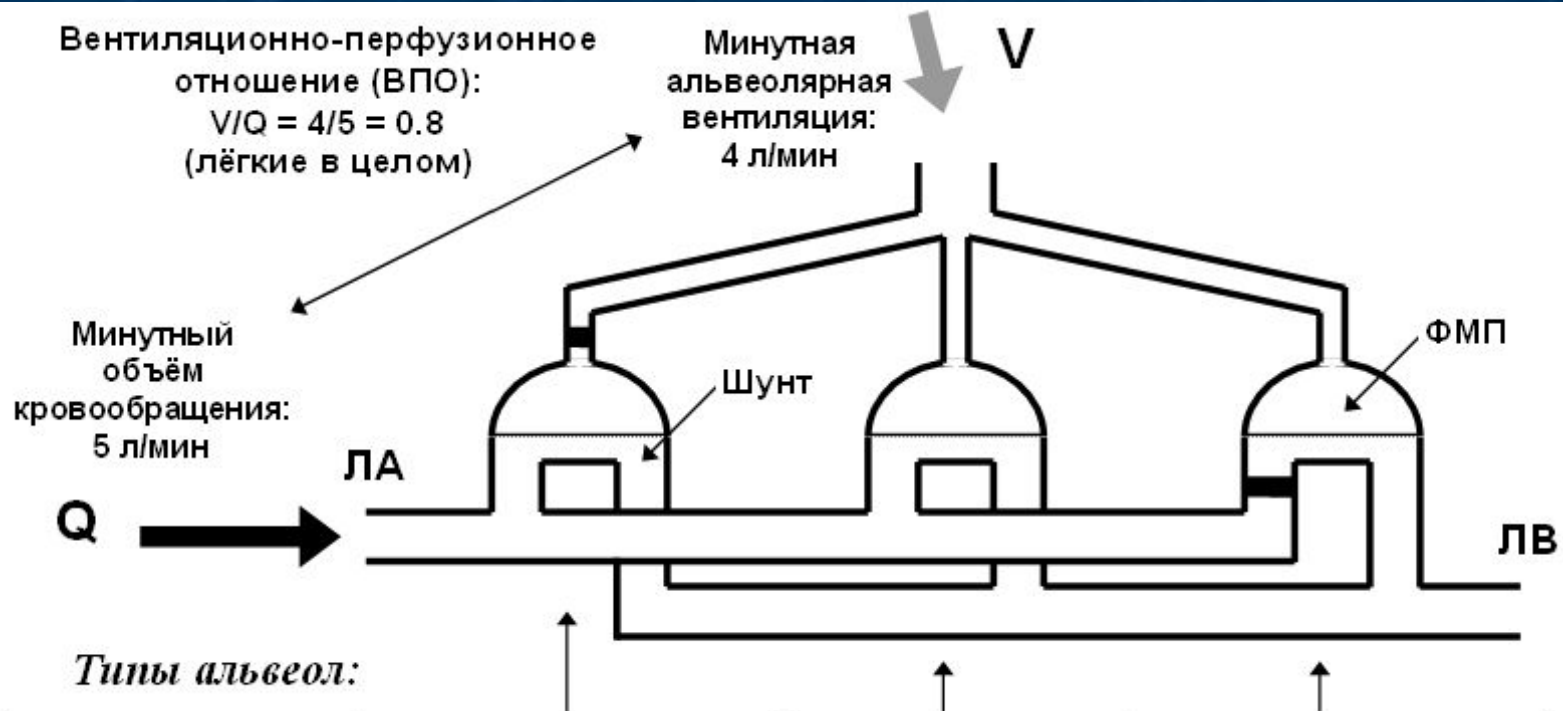
- Сопротивление мембран - сопротивление АКМ  
- сопротивление мембраны эритроцита
- Сопротивление реакции  $Hb$  с  $O_2$
- Объема крови в легочных капиллярах

# Вентиляционно-перфузионные отношения



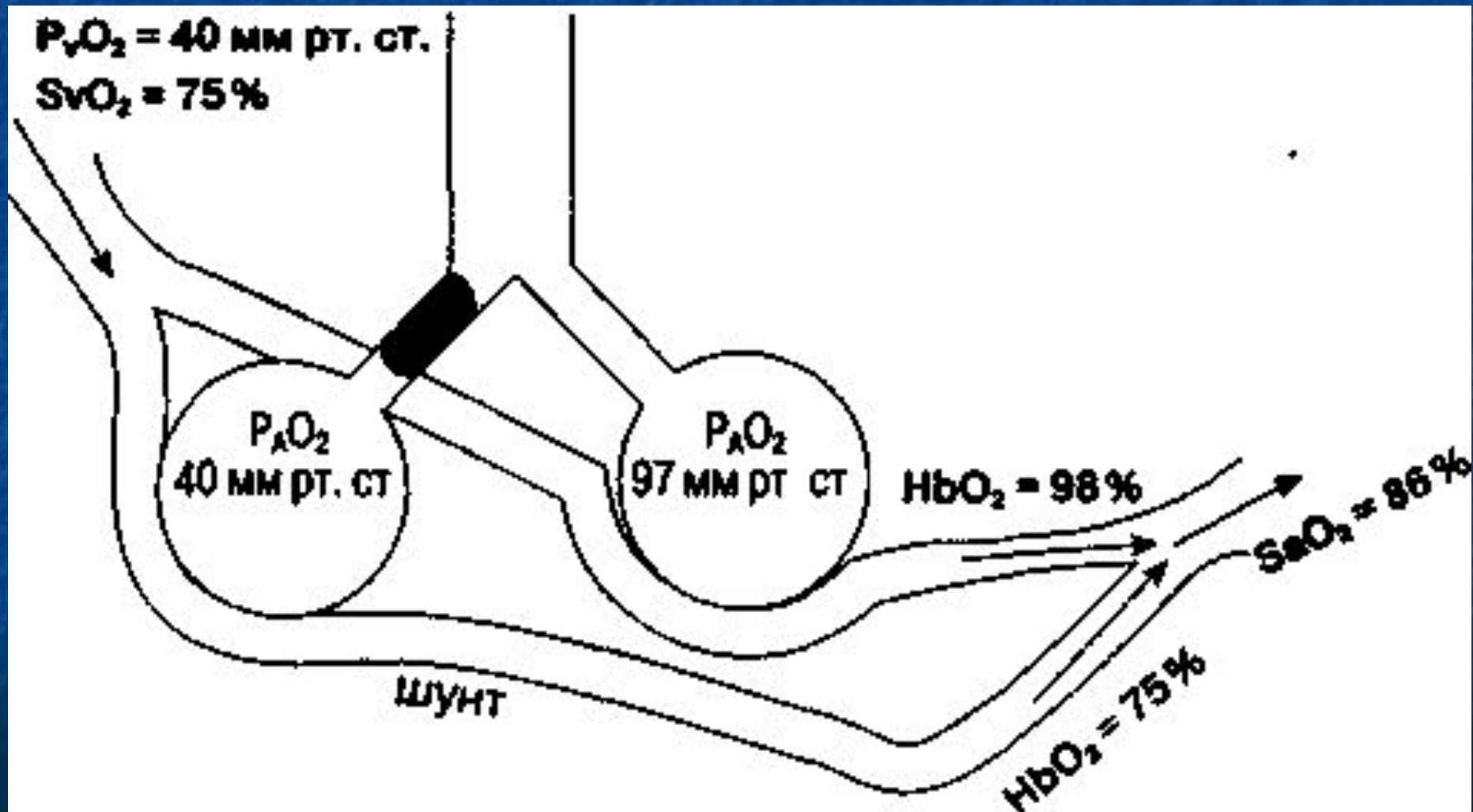
(J. B. West: Ventilation/ Blood Flow and Gas Exchange, ed. 3. Oxford, Blackwell, 1977)

# Вентиляционно-перфузионные отношения



ВПО →	Перфузируется, но не вентилируется: <b>ШУНТ</b>	НОРМА: $V/Q \approx 0,8$	Вентилируется, но не перфузируется: <b>ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ МЁРТВОЕ ПРОСТРАНСТВО</b>
$PAO_2$	40 торр	100 торр	100 торр
$PACO_2$	46 торр	40 торр	около 0
Кровь на выходе	Венозная	Артериальная	Нет

# Механизм шунта





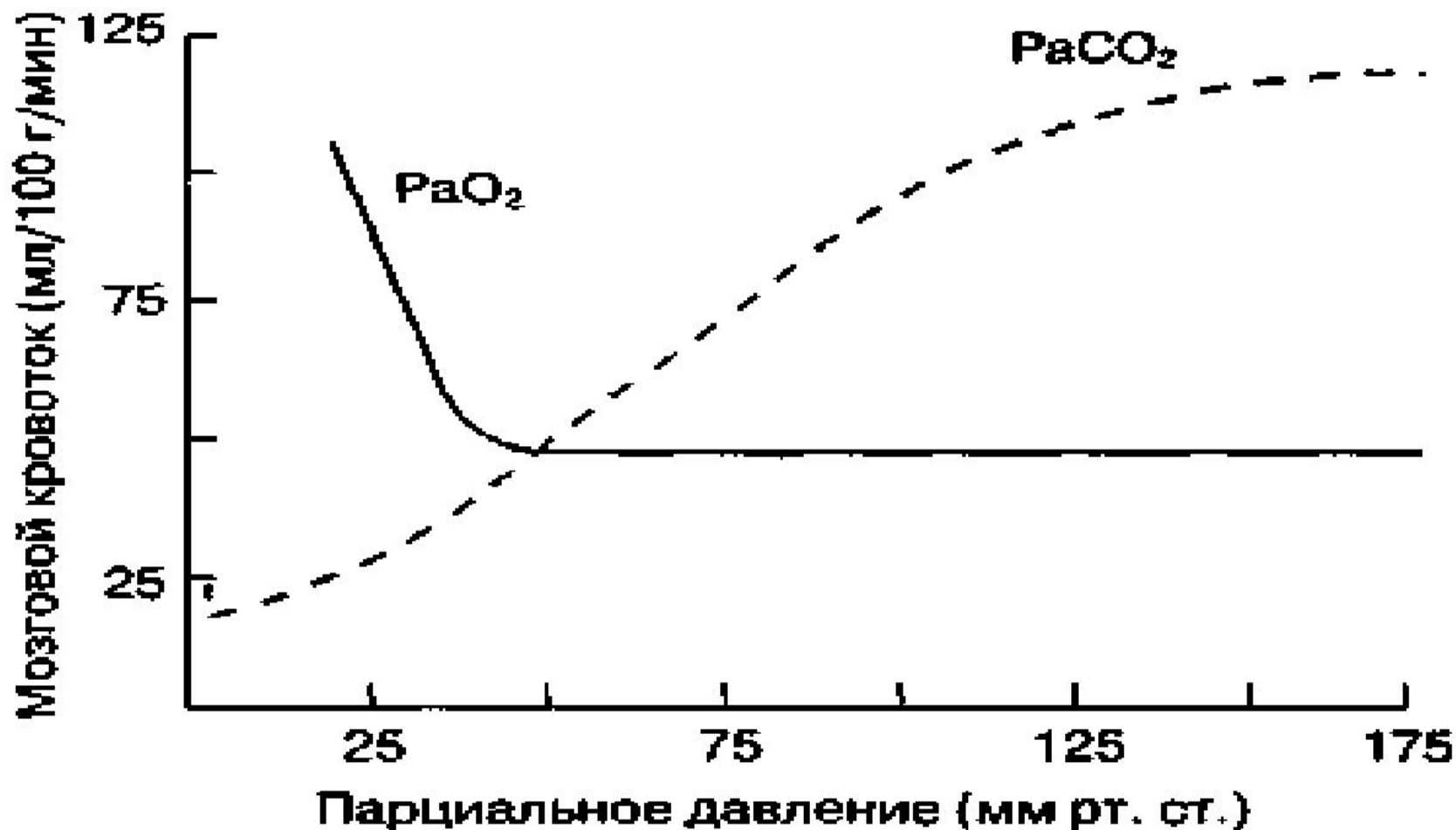
# Суть нарушения функции АД

- Гипоксемия
- Нарушение обмена  $\text{CO}_2$ 
  - *изменение pH*
  - *изменение мозгового кровотока*
  - *изменение контрактильных свойств скелетных мышц и миокарда.*
- Увеличение работы дыхания

# Тяжесть гипоксемии

<b>ДН</b>	<b>PaO<sub>2</sub> ммHg</b>	<b>SaO<sub>2</sub> %</b>
Умеренная	60	90
Тяжелая	40	75
Гипоксическая кома	30	60
Смерть	20	35

# Влияние $P_{aO_2}$ и $P_{aCO_2}$ на мозговой кровоток



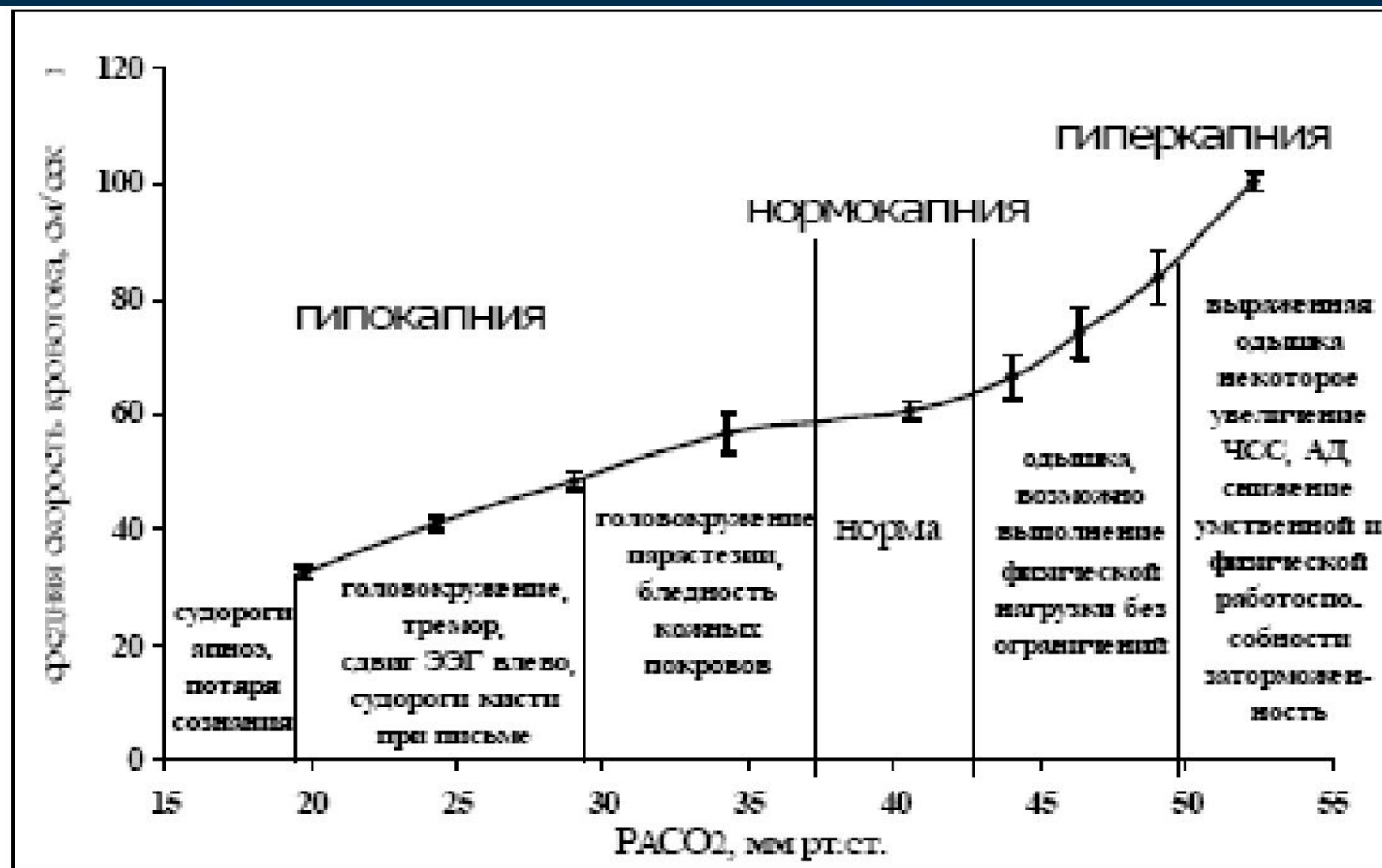


Рис. 5. Зависимость средней скорости мозгового кровотока и динамики неврологических симптомов от напряжения углекислоты в альвеолярном воздухе.



# Дыхательные мышцы и кислородная цена дыхания

Масса всех дыхательных мышц  $\approx$  4,5 кг (диафрагма, межреберные, вспомогательные мышцы).

- Потребление  $O_2$  ДМ в покое **1%** общего потребления  $O_2$ ,

- при нагрузке  $\uparrow$  до **5%**,

- при ОРДС и астматическом статусе потребление  $O_2$  дыхательными мышцами может возрасти до **40%**!

! общее увеличение потребности в  $O_2$ :

( $\uparrow$  симпатический тонус, гипертермия, сепсис, дрожь, гипертиреоз)

# Увеличение работы дыхания на примере кардиогенного ОЛ

Усиленная работы ДМ (*рестрикция, снижение альвеолярного газообмена*)

→ повышение разряжения в ПП

⇒ Увеличение общей преднагрузки, ТМД ЛЖ и постнагрузки ЛЖ

→ снижение СВ и  $DO_2$ , в т.ч. к повышенно работающим ДМ и миокарду

# НИВЛ

- Уменьшение работы дыхания и КЦД  $\Rightarrow$  снижение степени гиперкапнии (улучшение вентиляции и  $\downarrow$  продукции  $\text{CO}_2$ )
- Улучшение оксигенации миокарда и ДМ
- Увеличение  $\text{DO}$   $\rightarrow$  снижение степени ателектазирования и легочного шунтирования
- Снижение общей преднагрузки и постнагрузки ЛЖ  $\Rightarrow$  увеличение  $\text{УО}$  и  $\text{СВ}$

$\Rightarrow$  УЛУЧШЕНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ И МЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ



# Показания к ИВЛ

- Увеличение  $PaCO_2 > 50$  mmHg при снижении  $pH < 7.30$
- ЧД  $> 35$  длительное время
- ДО  $< 5$  мл/кг
- ЧД/ДО(л)  $> 105$  (индекс RSB)
- ЖЕЛ  $< 10$ мл/кг
- Рвд  $< -20$  смH<sub>2</sub>O
- $PaO_2 < 60$  mmHg,  $SpO_2 < 85\%$   $P(A-a) > 300$  mmHg  
 $FiO_2 = 1.0$
- Нестабильность состояния
- Необходимость гипервентиляции



**СПАСИБО!**