

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:

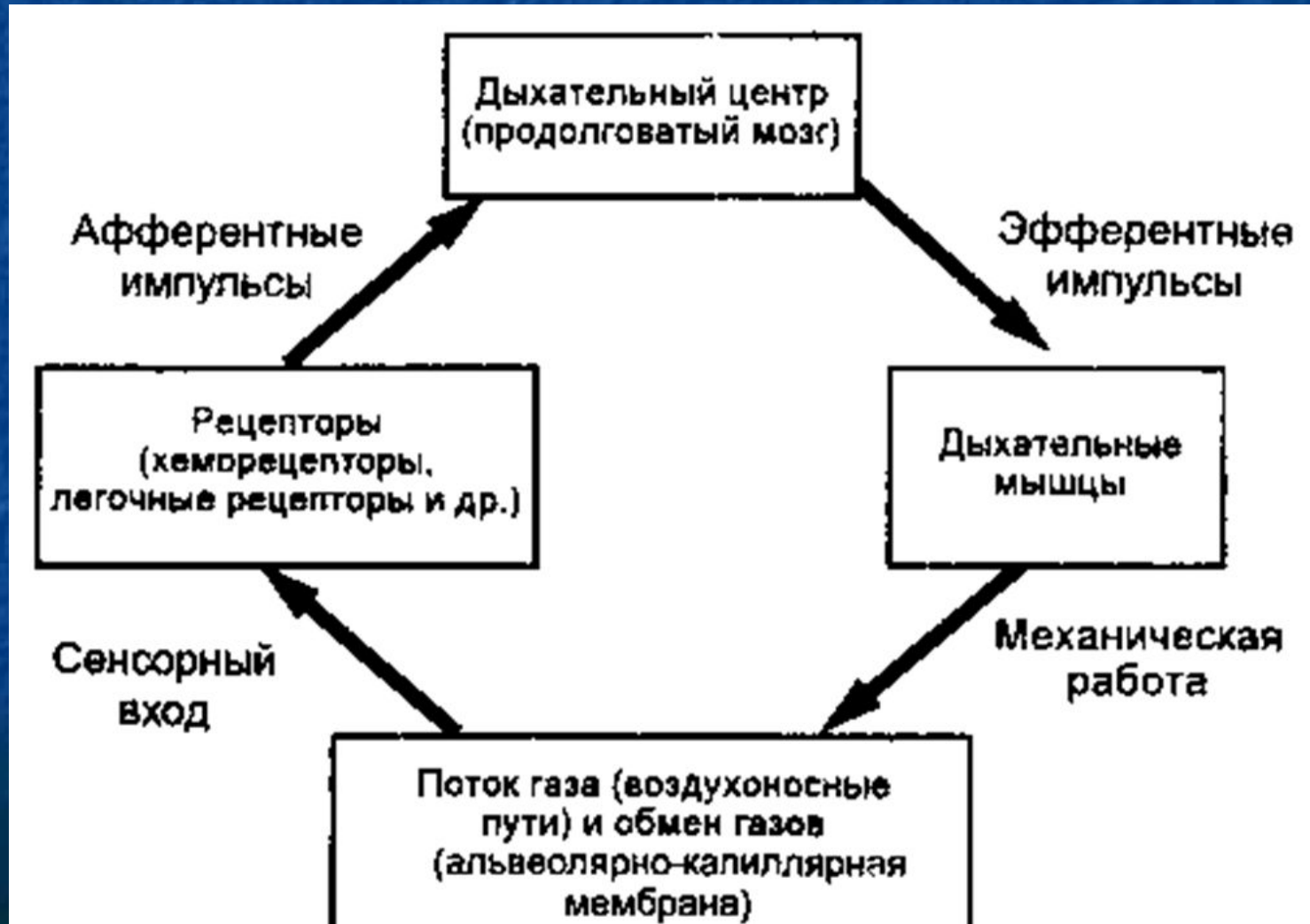
- Грудная клетка
- Дыхательные мышцы

Бронхолегочная система:

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

Система регуляции дыхания, как контур отрицательной обратной связи

Как регулируется газообмен



Виды функциональных расстройств АВД

1. Нарушение центральной регуляции дыхания.

- выключение инспираторного драйва

- искажение респираторного драйва

2. Нарушения механики дыхания

- обструктивные и рестриктивные расстройства

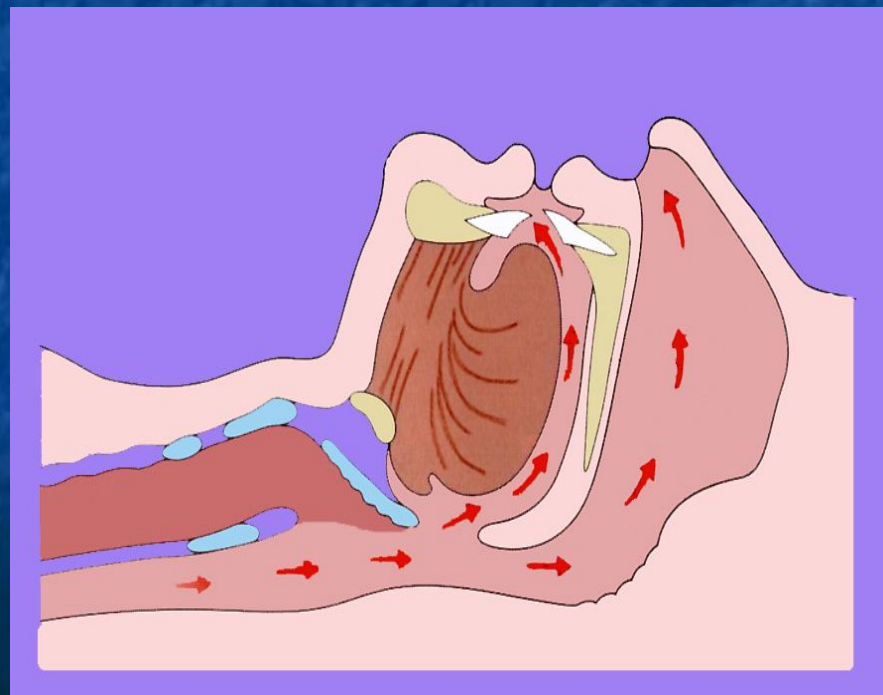
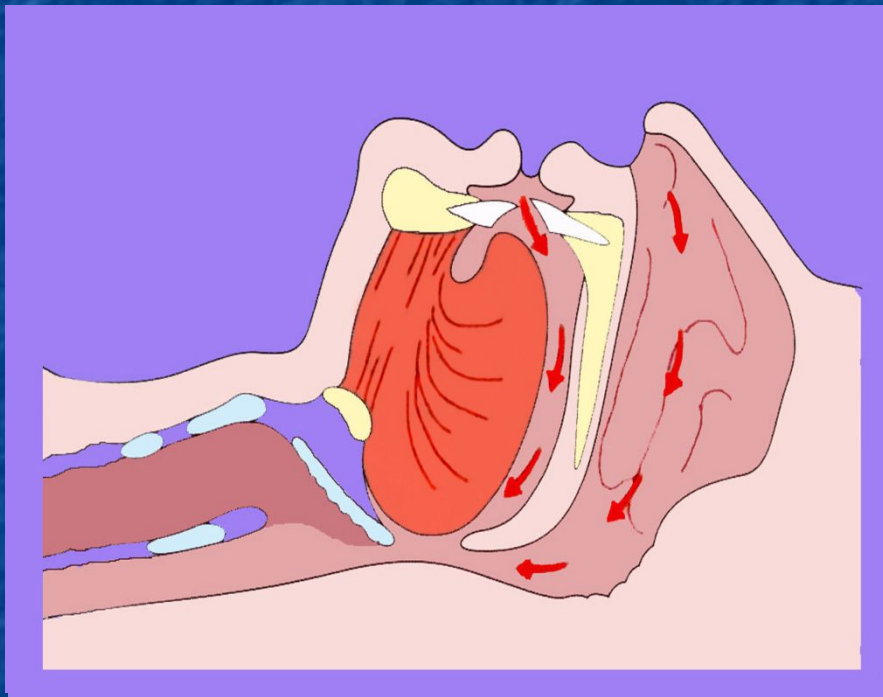
4. Нарушения диффузии газов через альвеолокапиллярную мембрану.

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

=>

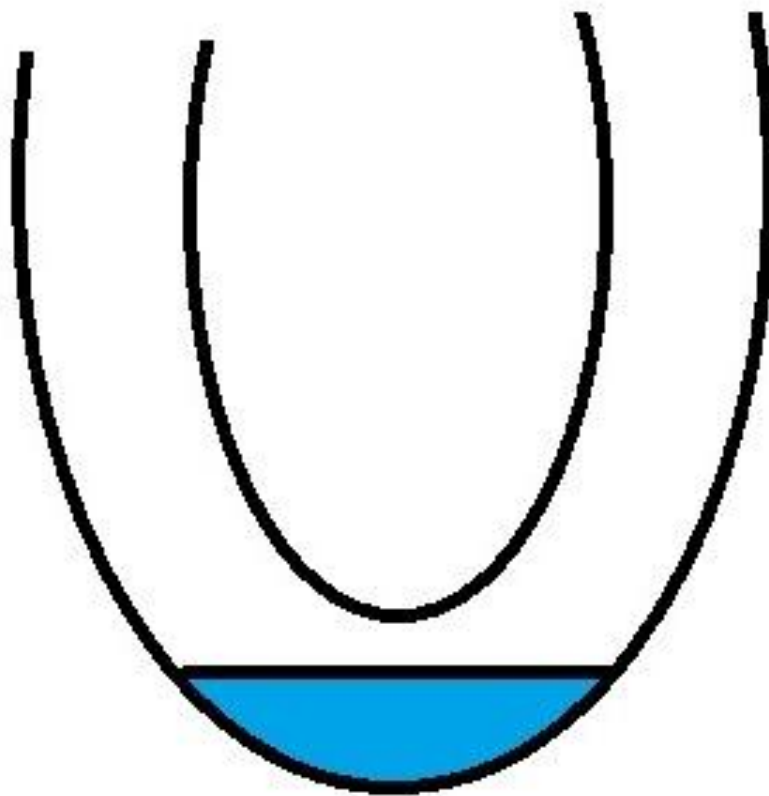
1. *снижение эффективности газообмена*
2. *увеличение работы дыхания*

Обструктивные расстройства



- **Спирометрия** (ОФВ_1 , ПСВ, $\text{МОС}_{25,50,75}$, $\text{ОФВ}_1/\text{ЖЕЛ}$)
- **Обратимость обструкции**
- **Критерии ЭЗДП** (ОЗЛ , $\text{ЖЕЛ}/\text{ФЖЕЛ}$, $\text{ЕЗЛ}/\text{ОЕЛ}$)
- **Сопротивление** (ВДС , **Raw**)

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)

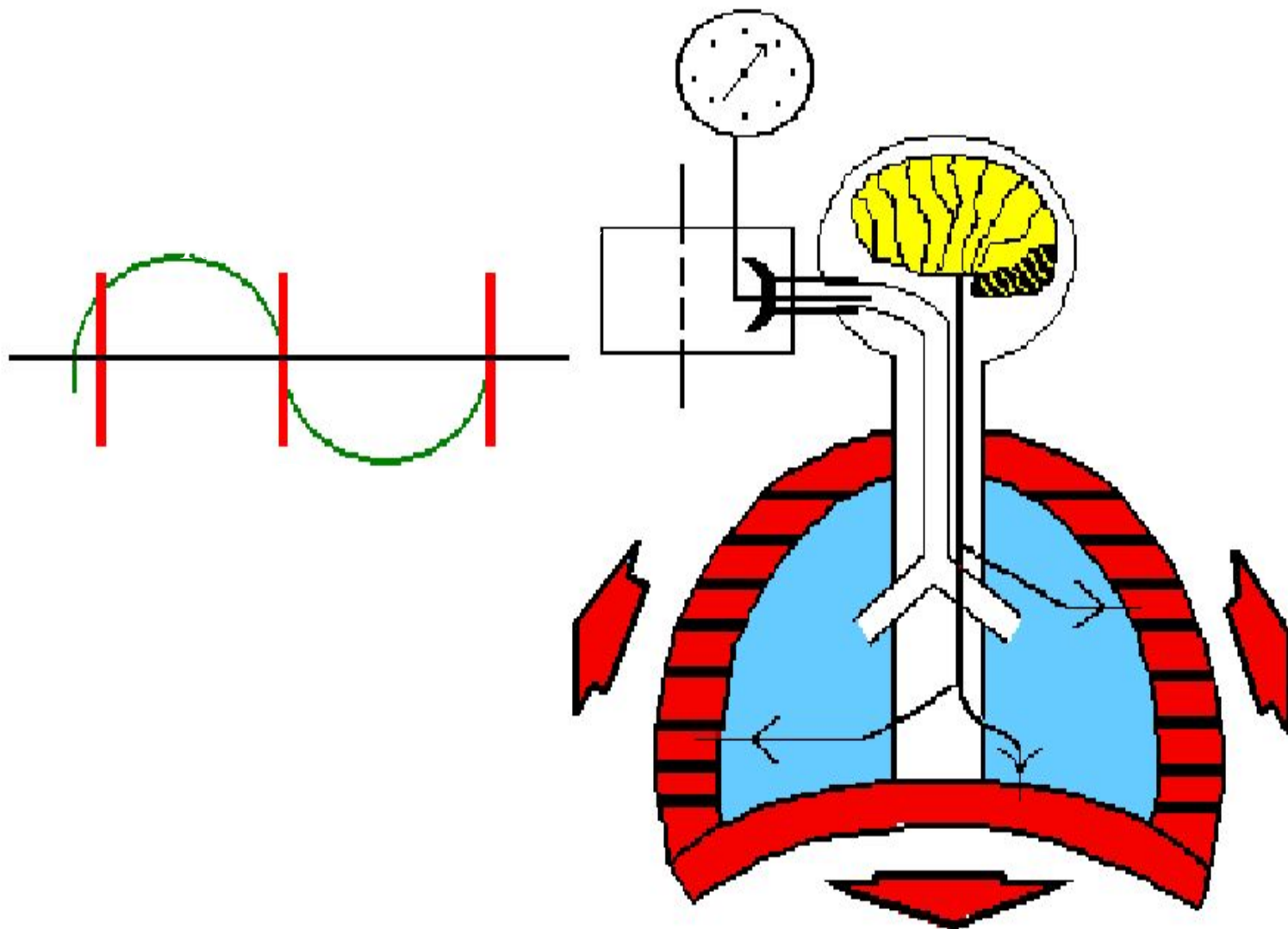
Нарушение функций дыхательных мышц

- *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

$$V_x = D_x \times S \times A \cdot a D X / d,$$

V_x – объемная скорость диффузии вещества X через АКМ

D_x – коэффициент диффузии, характеризующий проницаемость мембран для X

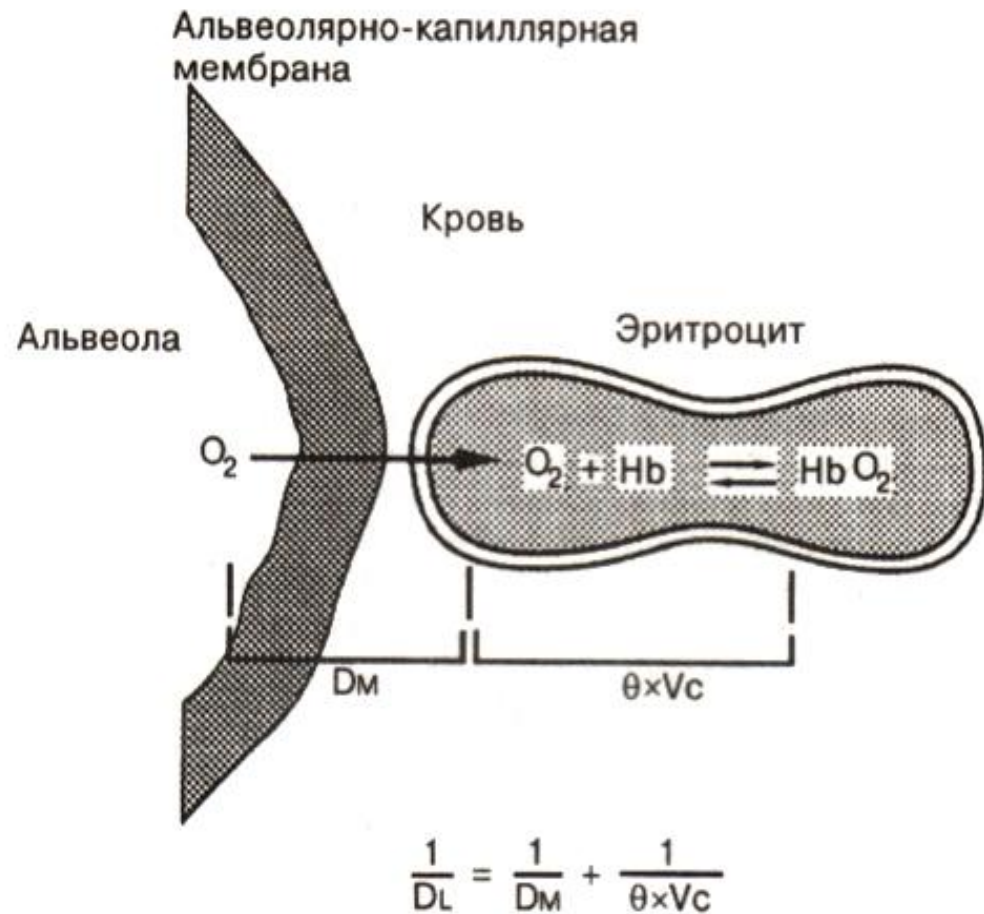
S – контактная площадь мембраны

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

d – толщина мембраны (0,2 мкм)

Сопротивление диффузии

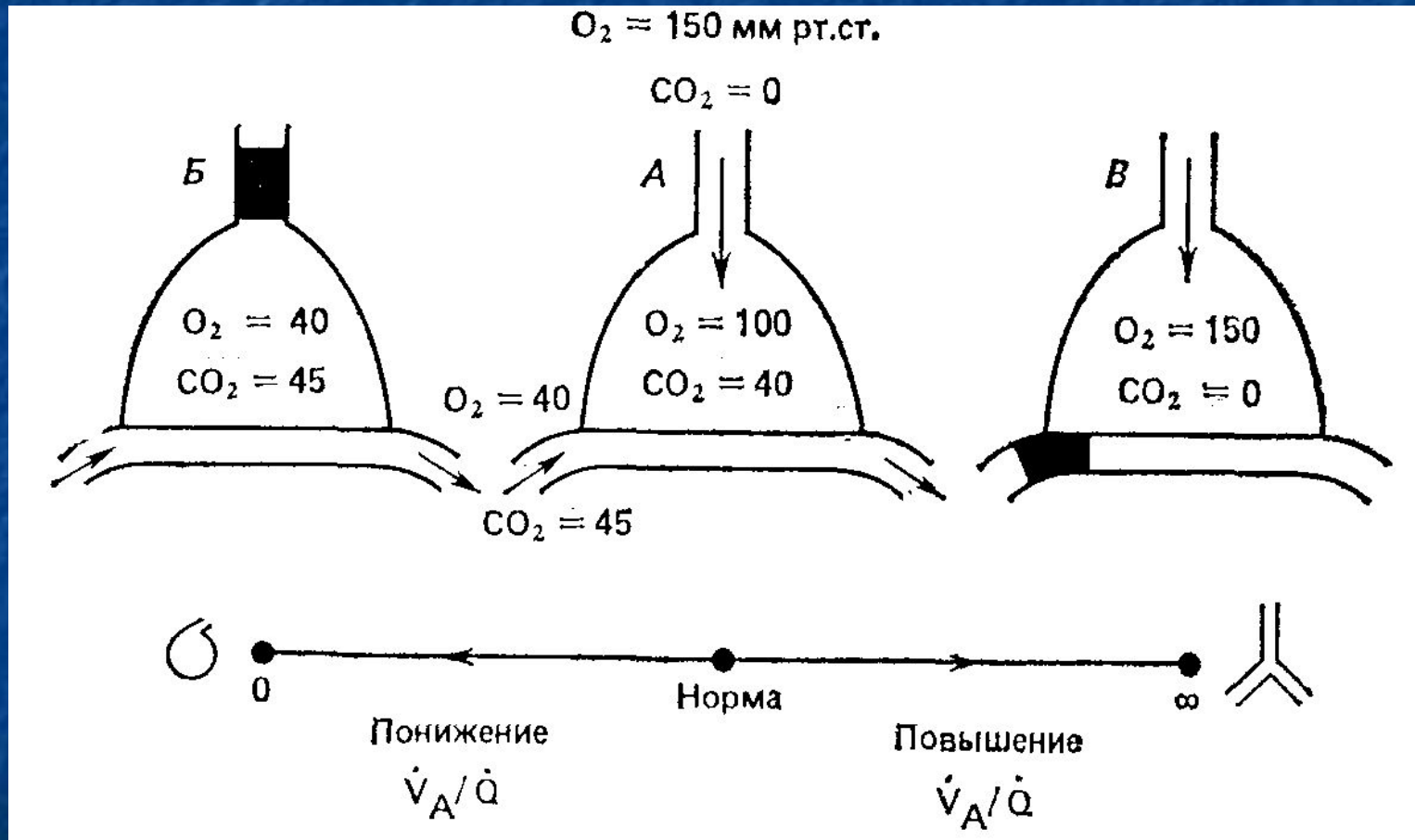
D_L - диффузионная способность легких
 D_M - диффузионная способность мембраны, включая мембрану эритроцита
 θ - скорость реакции O_2 (или CO) с гемоглобином
 V_c - объем капиллярной крови



Общее **сопротивление диффузии** газа складывается из трех компонентов:

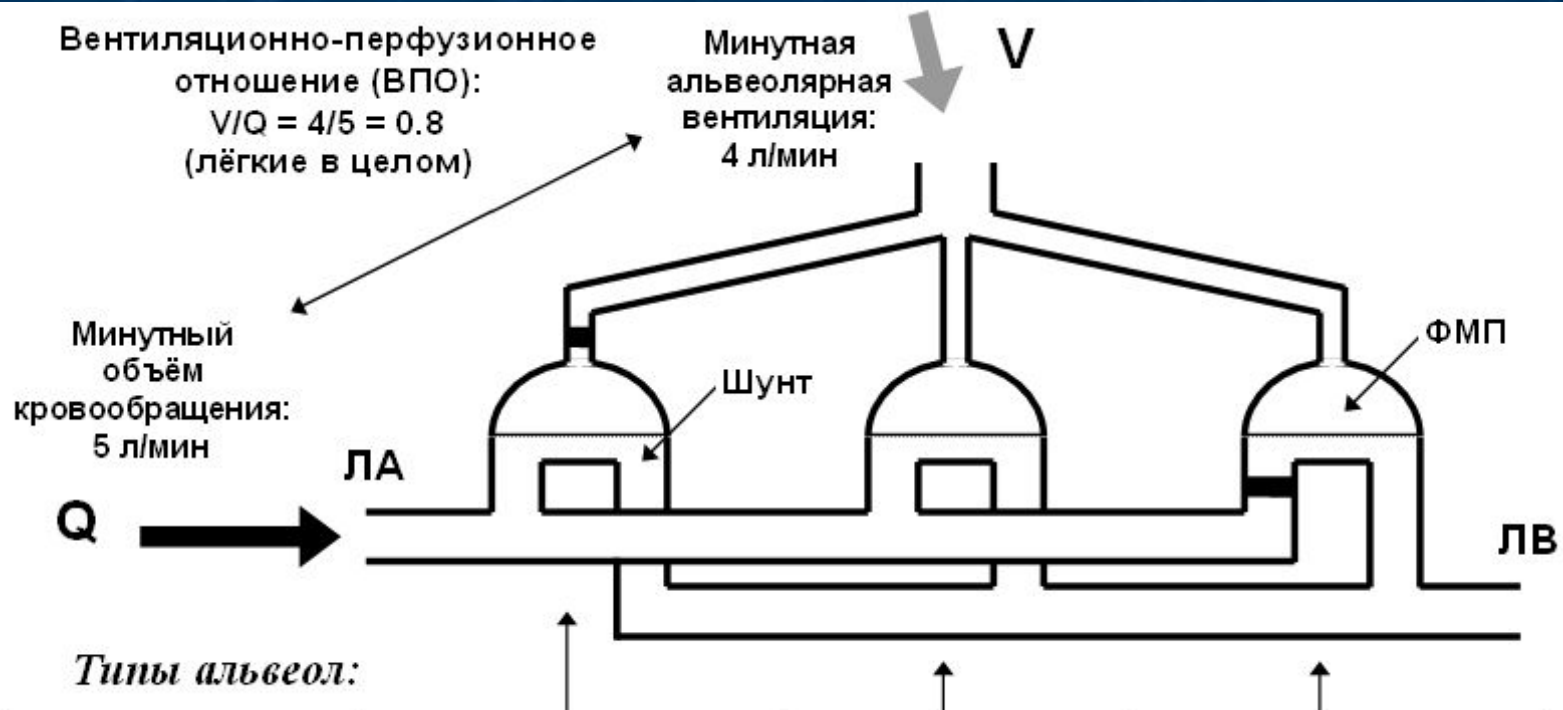
- Сопротивление мембран - сопротивление АКМ
- сопротивление мембраны эритроцита
- Сопротивление реакции Hb с O_2
- Объема крови в легочных капиллярах

Вентиляционно-перфузионные отношения



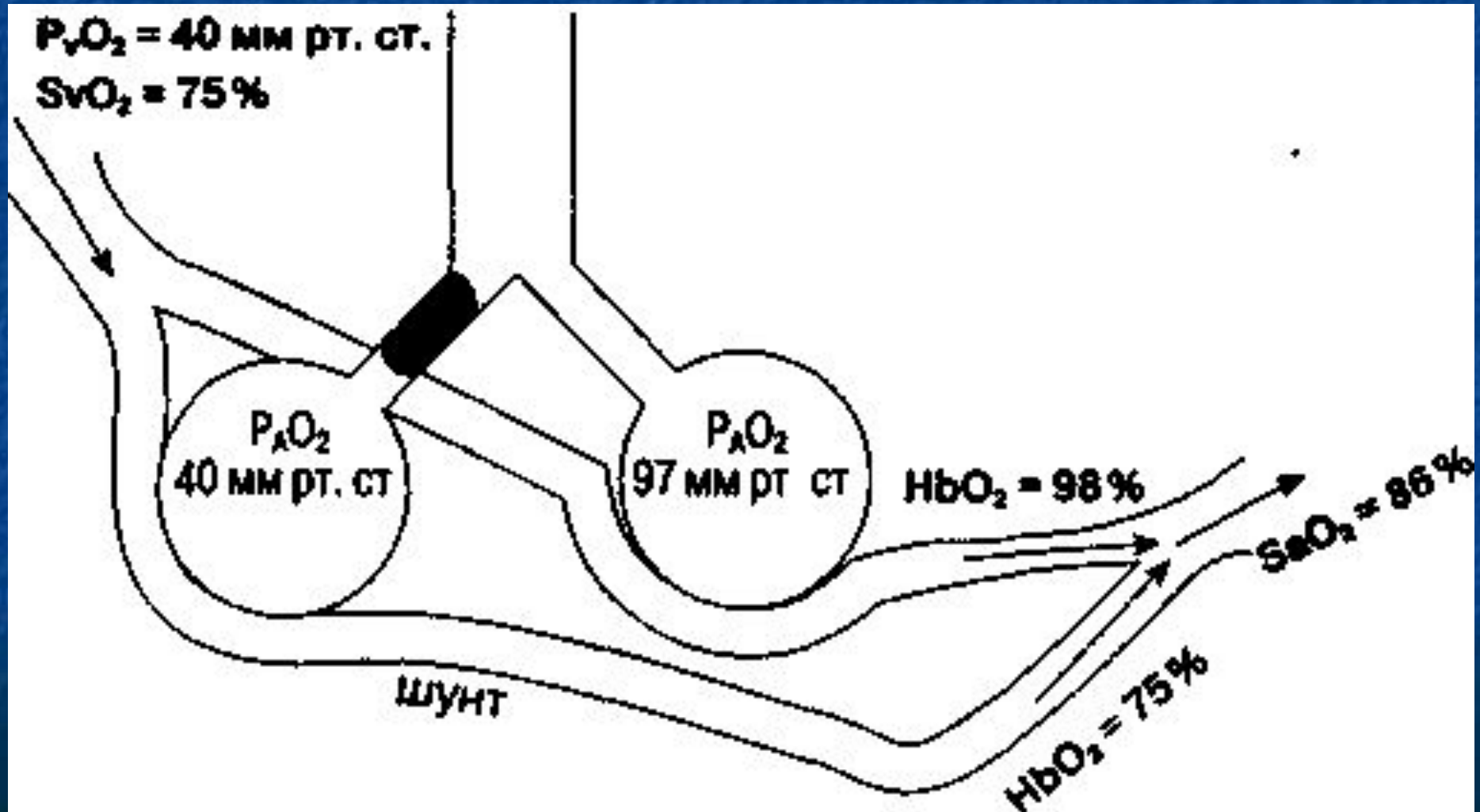
(J. B. West: Ventilation/ Blood Flow and Gas Exchange, ed. 3. Oxford, Blackwell, 1977)

Вентиляционно-перфузионные отношения



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

Механизм шунта



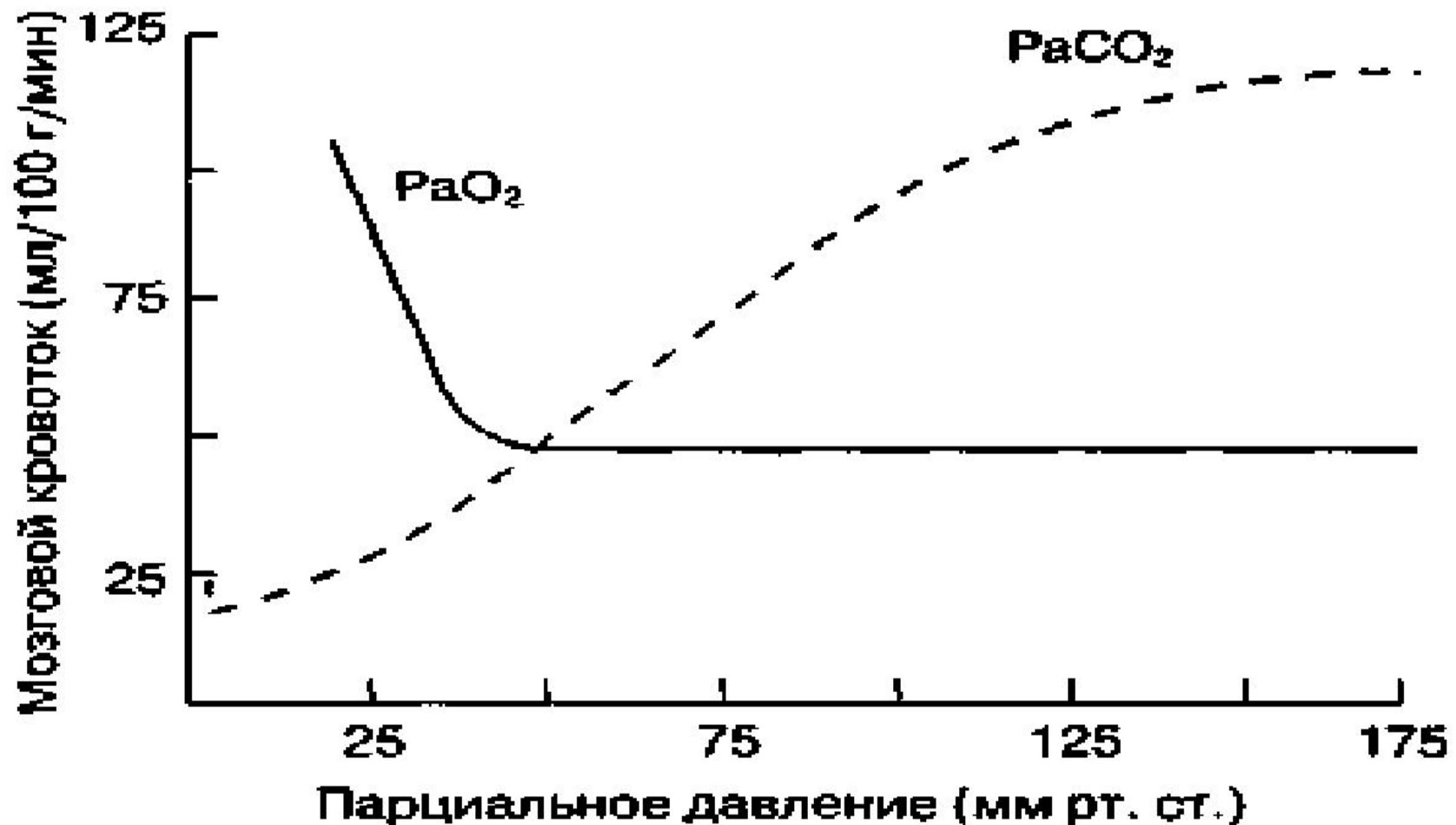
Суть нарушения функции АВД

- Гипоксемия
- Нарушение обмена CO_2
 - *изменение pH*
 - *изменение мозгового кровотока*
 - *изменение контрактильных свойств скелетных мышц и миокарда.*
- Увеличение работы дыхания

Тяжесть гипоксемии

ДН	РaO ₂ ммНг	SaO ₂ %
Умеренная	60	90
Тяжелая	40	75
Гипоксическая кома	30	60
Смерть	20	35

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



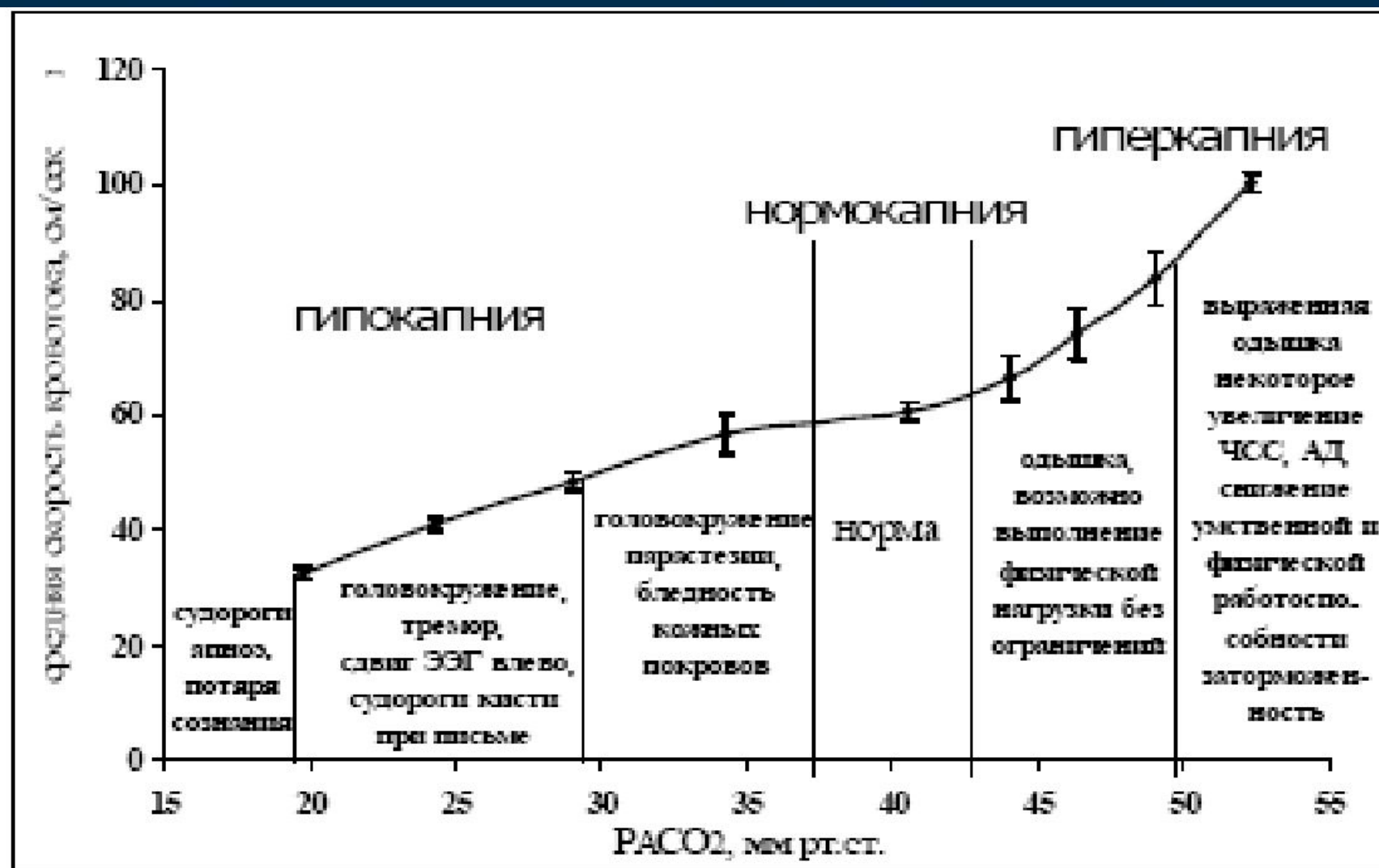


Рис. 5. Зависимость средней скорости мозгового кровотока и динамики неврологических симптомов от напряжения углекислоты в альвеолярном воздухе.

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 возрасть 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 CO_2)
- Улучшение оксигенации миокарда и ДМ
- Увеличение ДО $\rightarrow$ снижение степени ателектазирования и легочного шунтирования
- Снижение общей преднагрузки и постнагрузки ЛЖ $\Rightarrow$ увеличение УО и СВ

$\Rightarrow$ УЛУЧШЕНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ И МЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ

Показания к ИВЛ

- Увеличение $\text{PaCO}_2 > 50 \text{ mmHg}$ при снижении $\text{pH} < 7.30$
- $\text{ЧД} > 35$ длительное время
- $\text{ДО} < 5 \text{ мл/кг}$
- $\text{ЧД/ДО(л)} > 105$ (индекс RSB)
- $\text{ЖЕЛ} < 10 \text{ мл/кг}$
- $\text{Рвд} < -20 \text{ cmH}_2\text{O}$
- $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$, $\text{SpO}_2 < 85\%$ $\text{P(A-a)} > 300 \text{ mmHg}$
 $\text{FiO}_2 = 1.0$
- Нестабильность состояния
- Необходимость гипервентиляции



СПАСИБО!