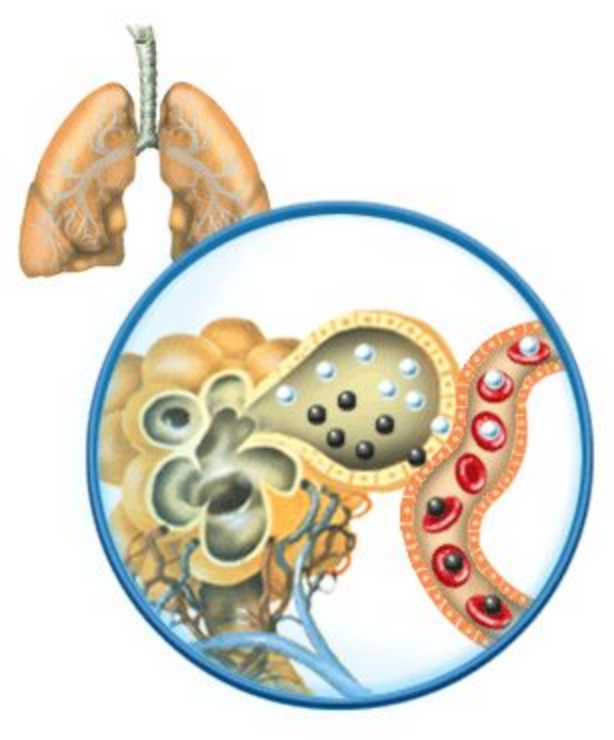


Учреждение образования
«Гомельский государственный
медицинский университет»
Кафедра нормальной физиологии

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Газообмен в легких
Транспорт газов кровь

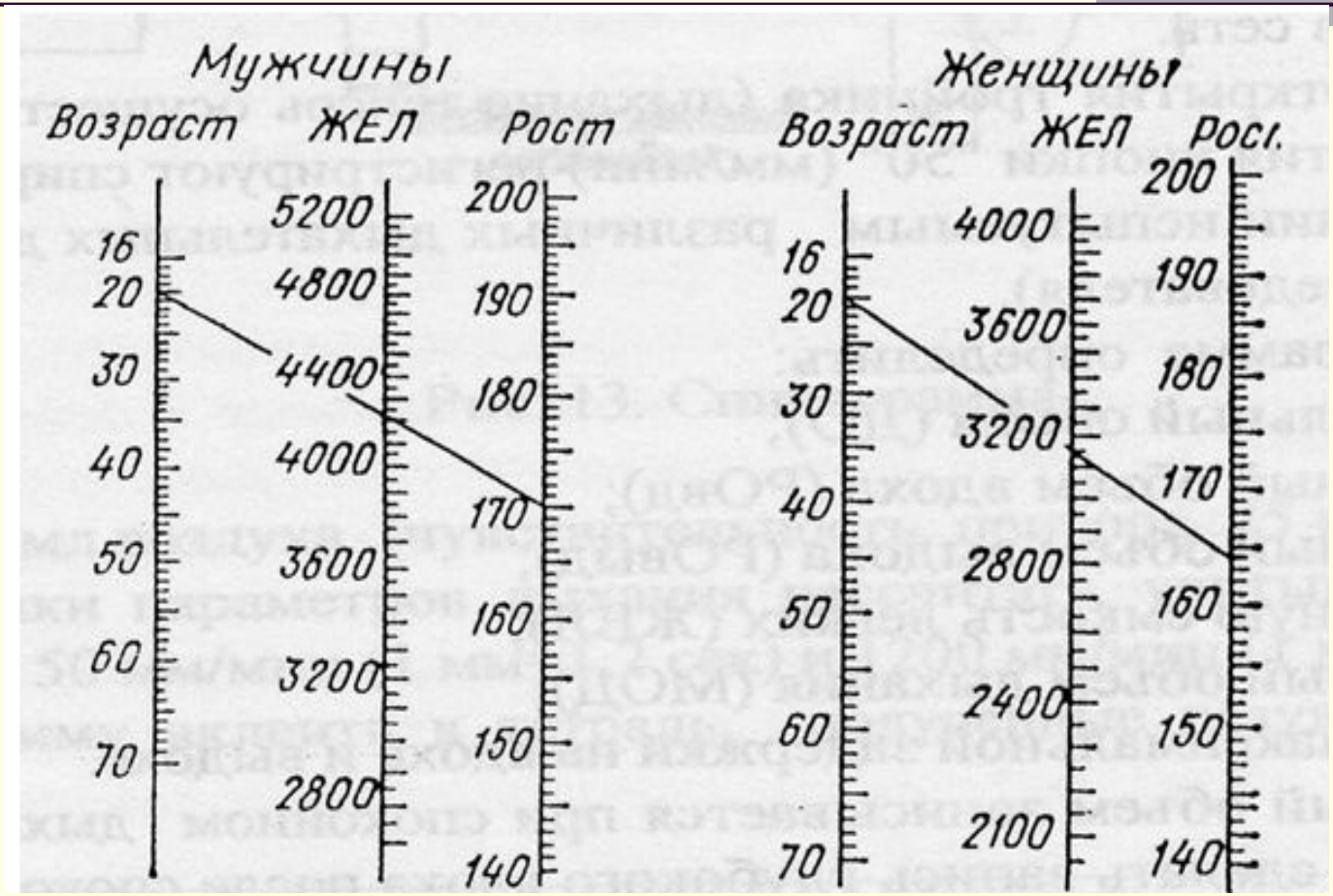
Лекция № 2 для студентов 2 курса

Лектор доцент Штаненко Н.И.

План лекции

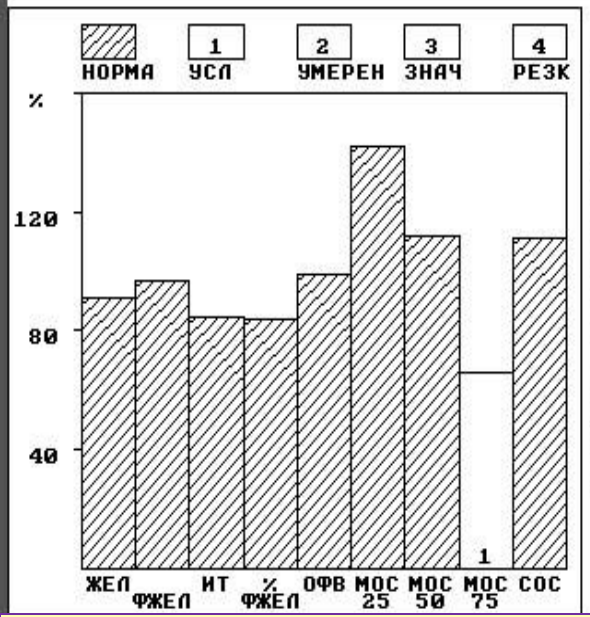
- 1. Газообмен в легких. Состав воздуха и газовых смесей. Парциальное давление.
- 2. Транспорт газов кровью O_2 и CO_2 Кислородная емкость крови.
- 3. Кривая диссоциации оксигемоглобина. Модулирующие факторы.
- 4. Газообмен между кровью и тканями

Номограмма для определения ДЖЕЛ



ФВД: 08апр2009

"УП УНИТЕХПРОМ БГУ, Г. МИНСК"
"МАС-1" зав.№ 999 Дата поверки спирометра: 12мар2008
Дата обследования пациента: 08апр2009 Начало: 08:48 Окончание: 08:51
К (М), 49лет, 177см, 85кг, ИКЧ = 0
Система норм: КЛЕМЕНТ Примечание: ПР.ОСМ.



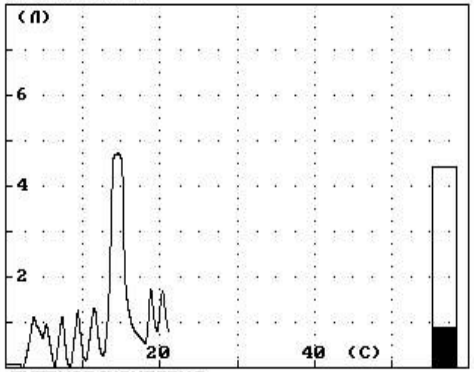
		НОРМ	ЛУЧШ	%
ЖЕЛ	л	4.83	4.41	91
ДО	л	0.72	0.98	136
МОД	л	7.84	22.3	285
РОвыд	л			
РОвд	л		3.5	
ЧД	1/мин		23	
ФЖЕЛ	л	4.66	4.50	97
ОФВ1	л	3.80	3.76	99
ОФВ1/ФЖЕЛ	%		84	
ИндТиф	%	78	85	
ПОСвыд	л/с	8.84	11.5	131
ПОСвд	л/с		7.57	
МОС25	л/с	8.06	11.4	1
МОС50	л/с	5.37	6.00	1
МОС75	л/с	2.40	1.59	
СОС2575	л/с	4.39	4.86	1

$МОС_{25}$ –отражает состояние крупных бронхов ;

$МОС_{50}$ –отражает состояние средних бронхов;

$МОС_{75}$ –отражает состояние мелкиxx бронхов

СПИРОМЕТРИЯ

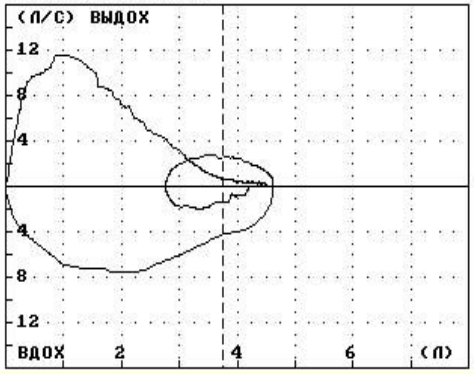


—— Критерии качества тестов ——

Nспиро		2 +
d ЖЕЛ	л	
VокончСп	л	0.88 –
Nпневмо		2 +
d ОФВ1	л	
d ФЖЕЛ	л	
Vэкстр	л	0.08 +
VокончПн	л	0.11 +

+ критерий выполнен,– не выполнен

ПНЕВМОТАХОМЕТРИЯ



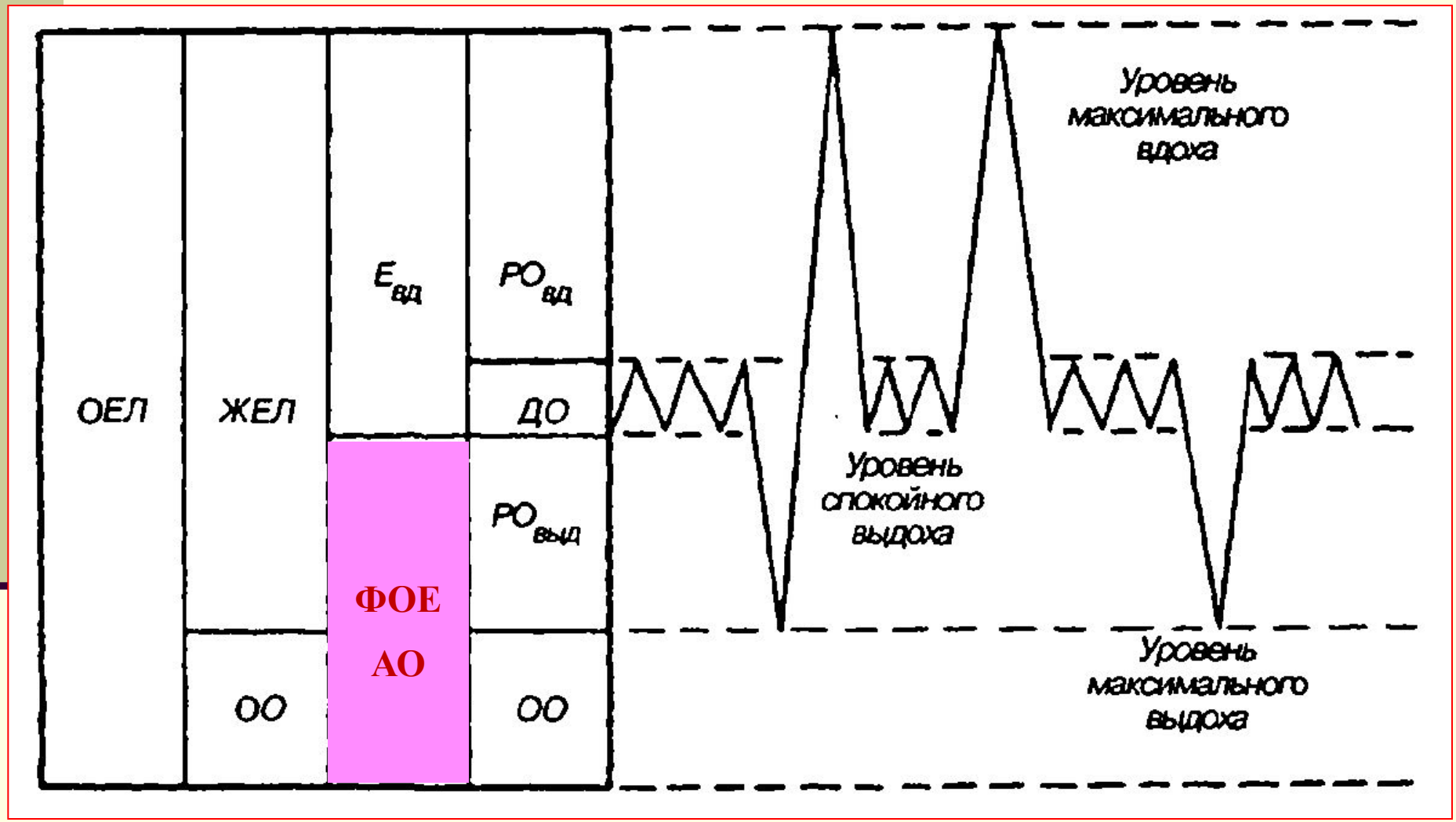
Заключение по ФВД:
раннее прекращение маневра ЖЕЛ,
начальное проявление
нарушений по обструктивному типу

19мар2007 —> 08апр2009:
снижение ОФВ1 0.512 л

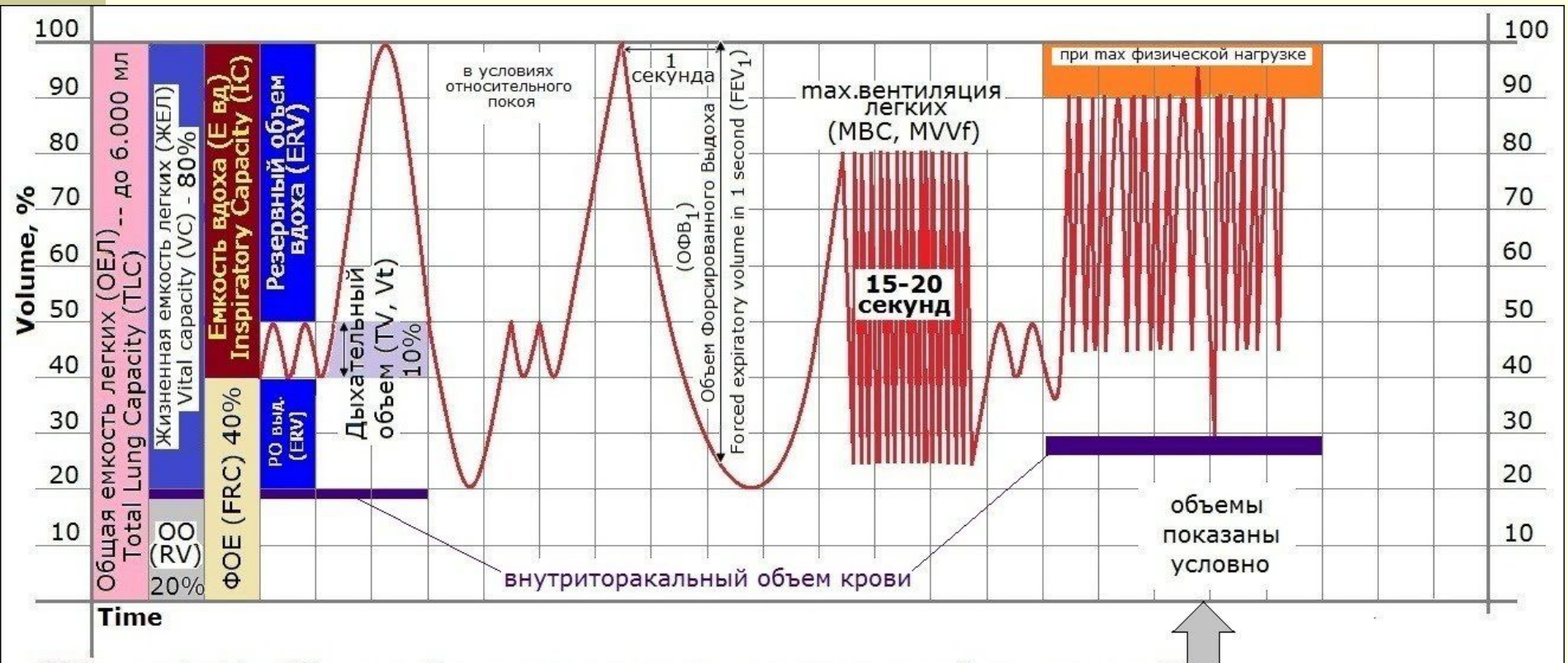
ВНИМАНИЕ !
Заключение является
предварительным и требует
подтверждения врача.

Заключение врача:

Легочные объемы и емкости



СПИРОГРАММА



MBC = maximal breathing capacity = максимальная вентиляционная способность легких
MVVf = maximal voluntary ventilation = максимальная произвольная вентиляция легких
TV, Vt = Tidal Volume = дыхательный объем
OO = остаточный объем
RV = residual volume
РОвыд.= резервный объем выдоха
ERV = expiratory reserve volume
ФОЕ = функциональная остаточная емкость
FRC = functional residual capacity

ОЕЛ незначительно снижается из-за внутрито-ракального объема крови. ДО увелич. до 50%ЖЕЛ (за счет РОвд.). РО выдоха изменяется незначительно. ОО повышается. ФОЕ практич. не изменяется. ЖЕЛ незначительно снижается

Соотношение между вентиляцией и перфузией

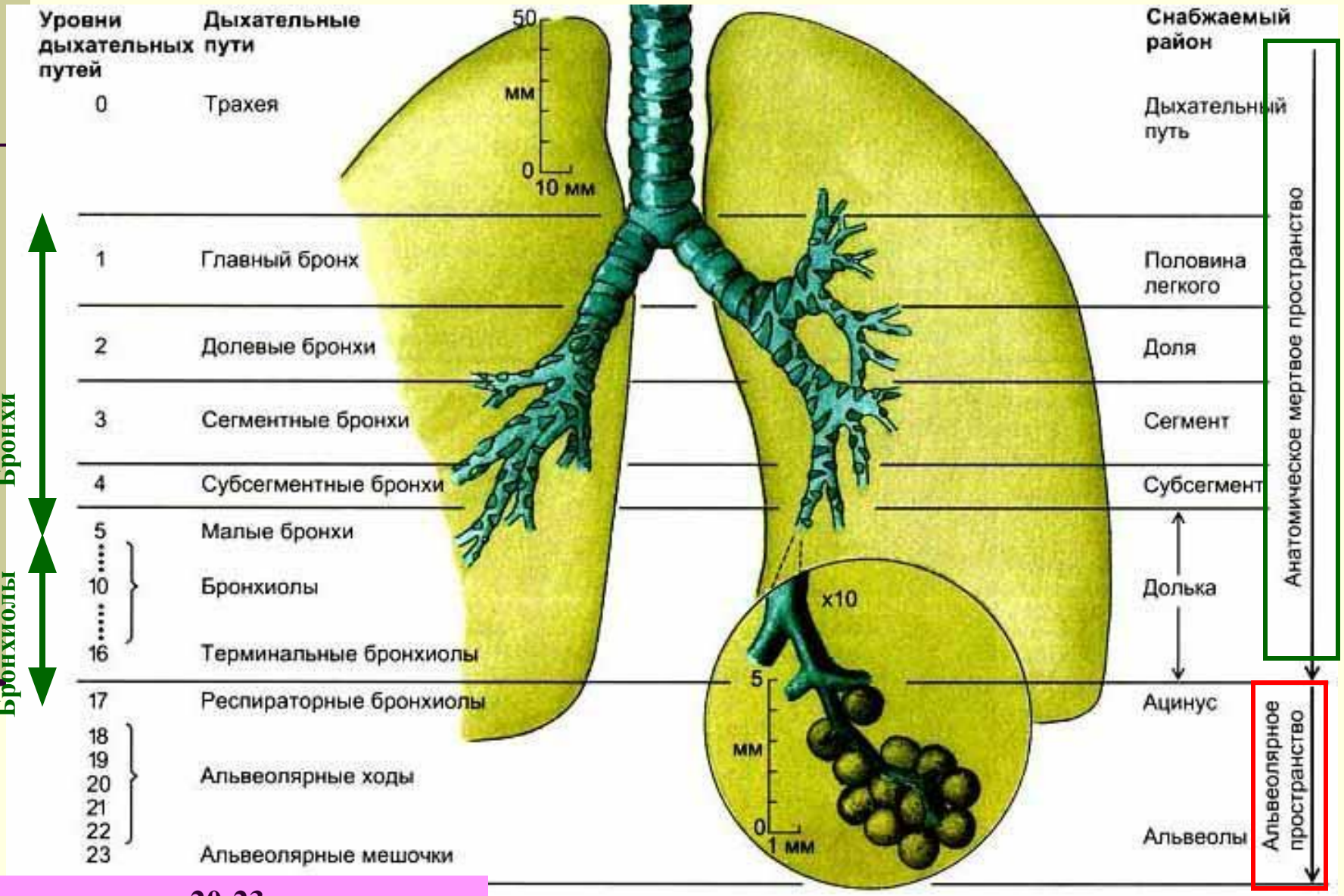
- 1. **Эффективное альвеолярное пространство**
  (вентилируемые и перфузируемые альвеолы)

- 2. **Анатомическое мертвое пространство**
  (*воздухоносные пути*)

- 3. **Альвеолярное мертвое пространство**
  (вентилируемые, но не перфузируемые)

- . **Функциональное мертвое пространство**
  (анатомическое +альвеолярное)

Ветвление трахеобронхиального дерева



Респираторная20-23 генерации

Общая диффузионная поверхность легких: 50-100 (в среднем 70) м^2

ПОКАЗАТЕЛИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

Статические

(характеризуют функциональные возможности)

ОБЪЕМЫ :

- **ДО**
- **РОВд**
- **РОВыд**
- **ОО**

ЕМКОСТИ :

- **ЖЕЛ**
- **ФОЕ**
- **ОЕЛ**
- **РЕВд**

Динамические

(характеризуют реализацию функциональных возможностей)

МОД=ДОхЧД

АВ= ЛВ-ВМП

МВЛ (за 10сек)

ЭВД= АВ/МОДх100

ОФВыд (тест Тифно)

pO_2; pCO_2

Основные показатели вентиляции

1. Частота дыхания (ЧД) = 12-18 в мин
2. Минутный объем дыхания (МОД)=ДО х ЧД= 6 - 9 литров ср 7 литров
3. Объем анатомического мертвого пространства (МП) =150мл (ВМП)
4. Дыхательный альвеолярный объем (ДАО) = ДО-МП= = 500-150 =350 мл
5. Коэффициент легочной вентиляции =1/7 ДАО/ ФОЭ (350мл:2500мл)

МОД при физической нагрузке до 120 л

МВЛ = 120-170 л

ДО-АМП=500-150=350

- Коэффициент легочной вентиляции -1/7

(350 мл/2500 мл)

- **МОД(ЛВ) = ЧД х ДО**

МОД *в покое - **7 литров***

*При физической нагрузке до **120** литров*

***МВЛ**= 120 -170 литров*

АВ=ЛВ-ВМП АВ=(500-150) х 14 =5л в мин

- *Альвеолярная вентиляция* ***4,2–5,6 л/мин***

Альвеолярная вентиляция

МОД(одинаков) = 6 000мл

1-й испытуемый ***2-й испытуемый***

Частота дыхания в 1мин

15 **20**

Дыхательный объем

400 *мл* ***300****мл*

Мертвое пространство у обоих 150 мл

В альвеолы поступит воздуха

250 мл **150** мл

Минутная вентиляция альвеол

3750 мл **3000**мл

ТРАНСПОРТ ГАЗОВ

Функциональная транспортная система дыхания

включает в себя *системы*: ***внешнего дыхания, кровообращения и клеточного дыхания.***

Дыхательная система создает полное соответствие между количеством O_2, поступающего через лёгкие в кровь и скоростью его потребления в тканях и такое же соответствие между продукцией в тканях CO_2 и удалением его из лёгких.

- Важнейшими составляющими транспортной системы для внешнего дыхания являются ***вентиляция, диффузия и перфузия;***
- для кровообращения – ***сердечно-временной (минутный объем - МОК) и транспортные свойства крови для O_2 и CO_2;***
- для клеточного дыхания – ***кровоснабжение ткани, диффузия и обмен веществ*** *(потребление O_2 и образование CO_2).*

Этапы переноса кислорода из окружающей среды до клетки:

- 1) **конвекционный** транспорт в альвеолы (вентиляция легких);
- 2) **диффузия из альвеол** в кровь легочных капилляров;
- 3) **конвекционный перенос газов** кровью к тканям;
- 4) **диффузия из капилляров** в окружающие ткани

Аэрогематический барьер

0,4-1,5 мкм

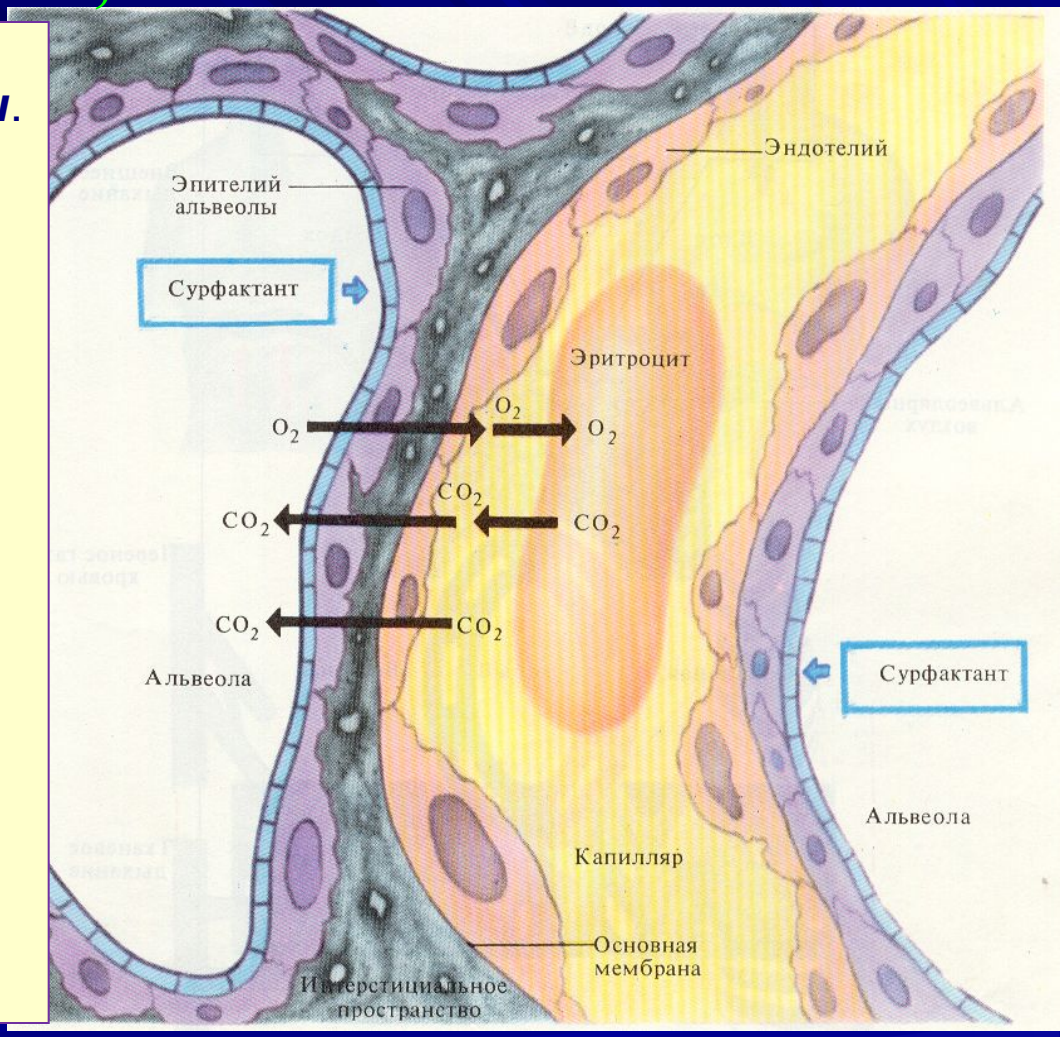
Обмен газов в легких происходит по ***физическим законам диффузии***.

Объем диффузии O_2 составляет около

500 л/сут,
CO_2 – 430 л/сут

Диффузия газов через аэрогематический барьеросуществляется в 2 этапа:

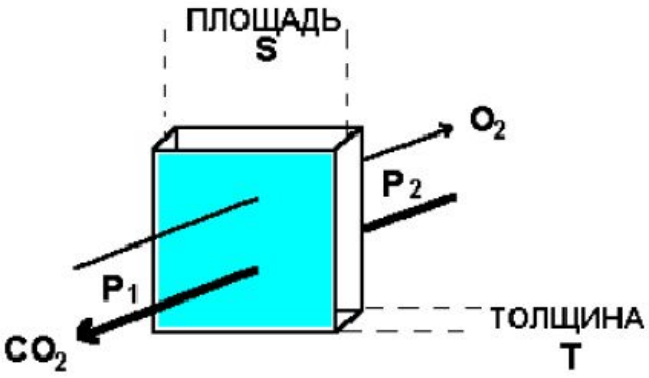
1. ***Диффузионный перенос газов происходит по концентрационному градиенту через тонкий аэрогематический барьер;***
2. ***Связывание газов в крови легочных капиляров***



Переход газов через альвеоло – капиллярную мембрану происходит по законам диффузии. Количество газа, проходящее через легочную мембрану в единицу времени, т.е. **скорость диффузии, прямо пропорциональна** разнице его парционального давления по обе стороны мембраны и **обратно пропорциональна** сопротивлению диффузии.

Диффузия газов через барьер

ЗАКОН ФИКА



$$Q_{ГАЗА} = \frac{S \cdot DK \cdot (P_1 - P_2)}{T}$$

где: $Q_{газа}$ - объем газа, проходящего через ткань в единицу времени,

S- площадь ткани, DK-диффузионный коэффициент газа,

(P_1-P_2) - градиент парциального давления газа;

T - толщина барьера ткани

Коэффициент диффузии Крога

это количество газа проникающего через легочную мембрану за 1 мин на 1мм.рт.ст. **Для O_2** **ДСЛ= 25 мл/мин х мм.рт.ст** **Для CO_2 в 24 раза больше вследствие его высокой растворимости в легочной мембране**

Закон Фика

$$\frac{M}{t} = \frac{\Delta P}{X / S \cdot k \cdot \alpha}$$

$$\frac{M}{t} = \frac{\Delta P}{X / S \cdot k \cdot \alpha}$$

- M - количество диффундирующего газа;
- **t** - время диффузии;
- **M/t** - скорость диффузии;
- **ΔP** - начальный градиент парциального давления газа в альвеолярном воздухе и его напряжения в крови;
- **X/Ska** - сопротивление диффузии;
- **X** – расстояние диффузии газов;
- **S** - суммарная площадь контакта между альвеолами и капиллярами лёгких - площадь диффузии;
- **k** - коэффициент диффузии газа, измеряемый количеством газа, проходящего путь в 1 см через поверхность в 1 $м^2$при определённой температуре;
- α - коэффициент растворимости газа, выражающийся объёмом газа, который может растворяться в 1 мл жидкости при температуре 0° С и давлении данного газа над жидкостью в 760 мм рт. ст. **(**коэффициент Бунзена**)**

Сопротивление диффузии

$$\frac{M}{t} = \frac{\Delta P}{X / S \cdot k \cdot \alpha}$$

X/Sk a

определяется

- толщиной мембраны и величиной поверхности газообмена,
- коэффициентом диффузии газа, зависящим от его молекулярного веса и температуры, а также
- коэффициентом растворимости газа в биологических жидкостях мембраны.

Парциальное давление

Парциальное давление - часть общего давления смеси газов, приходящаяся на отдельный газ (если бы он занимал весь объем смеси)

ЗАКОН ДАЛЬТОНА

$$P_{ГАЗА} = \frac{P_{СМЕСИ} \times C\ (\%)}{100\%}$$

Для воздуха: $P_{атм}$ = 760 мм Hg; $C_{кислорода}$ = 20,9%;

$P_{кислорода}$= 159 мм Hg

760мм Hg - 100 %

X - 21 %

Мы дышим атмосферным воздухом

Атмосферное давление = 760 мм рт.ст. (101 кПа)

Состав сухого атмосферного воздуха:

		Парциальное давление
Кислород	20.9 %	P_{O2} = 760 x 20.9/100 = 160 мм рт.ст.
CO_2	0.03 %	P_{CO2} = 760 x 0.03/100 = 0.2 мм рт.ст.
Азот	78.1 %	
Аргон	0.9 %	

По закону Дальтона –

Парциальное давление каждого газа в смеси пропорционально его процентному содержанию газа в смеси *т.е* ***его доле от общего объема.***

Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха (%).

ВОЗДУХ :	O_2	CO_2	NO_2
Атмосферный	21,0	0,02-0,03	79,14
Альвеолярный	14, 0	5,5	80,7
Выдыхаемый	16,0	4,5	79,5

Расчет парциального давления вдыхаемого воздуха

- $pO_2 = \frac{760 \text{ мм. рт ст.} \times 21{,}0}{100} =$ **159 мм рт. ст.**

- $pCO_2 = \frac{760 \text{ мм. рт ст.} \times 0{,}03}{100} =$ **0,23 мм рт. ст.**

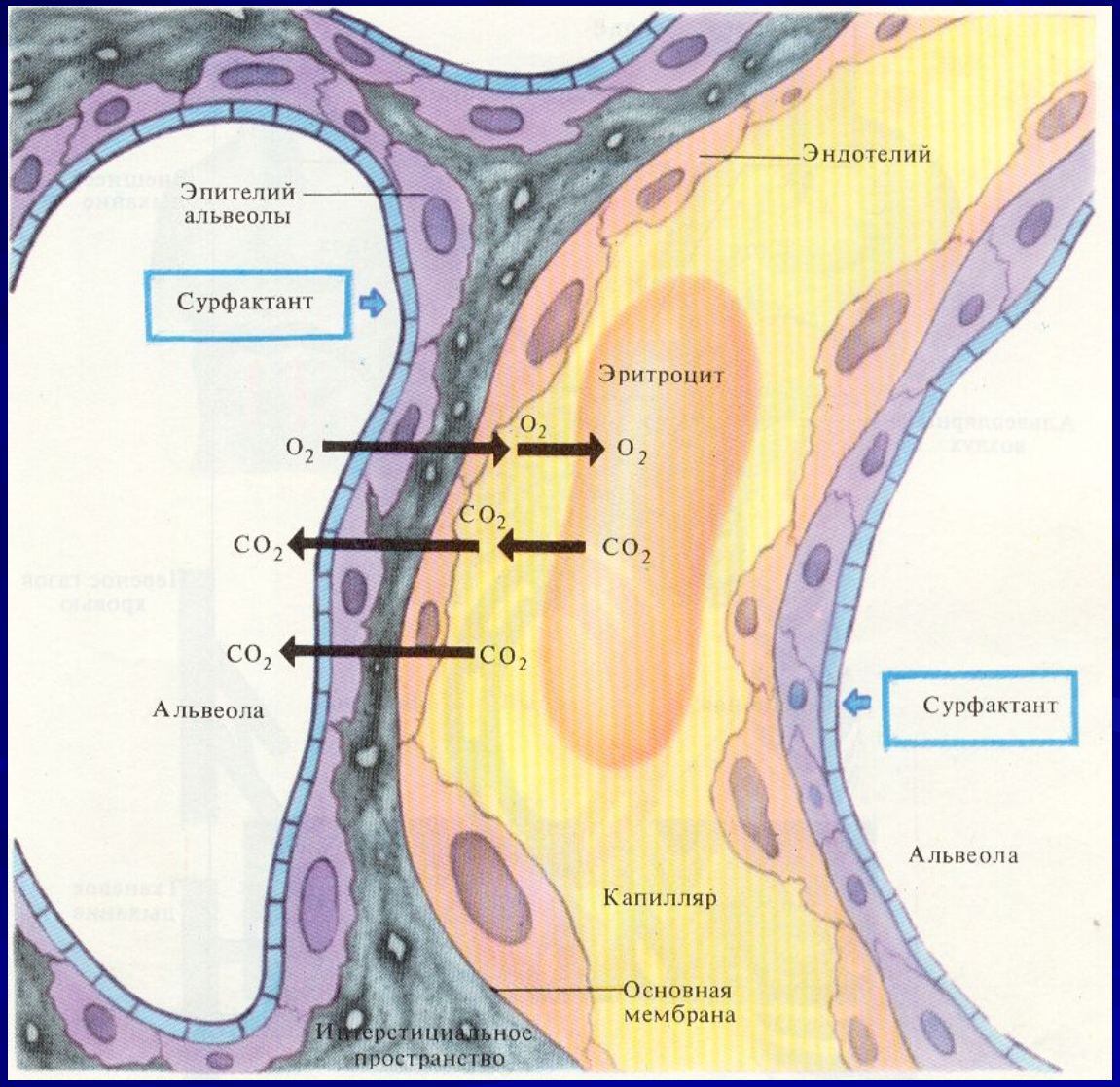
Расчет парциального давления в альвеолярном воздухе

- $pO_2 = \frac{(760 \text{ мм. рт ст.} - 47 \text{ мм.рт.ст.}) \times 14}{100} = \underline{100 \text{ мм рт. ст}}.$

- $pCO_2 = \frac{(760 \text{ мм. рт ст.} - 47 \text{ мм.рт.ст}) \times 5{,}5}{100} = \underline{40 \text{мм рт. ст}}.$

Аэрогематический барьер

0,4-1,5 мкм



НАПРЯЖЕНИЕ газа в жидкости –сила с которой молекулы газа стремятся выйти в газовую среду

Содержание	pO_2	pCO_2
Альвеолярный воздух	**100** мм.рт.ст.	**40** мм.рт.ст
Венозная кровь	**40** мм.рт.ст	**46** мм.рт.ст
Артериальная кровь	**96** мм.рт.ст	**39** мм.рт.ст

Д иффузия газов через АГБ

ЗАКОН ФИКА

$$Q_{ГАЗА} = \frac{S \cdot DK \cdot (P_1 - P_2)}{T}$$

$Q_{газа}$ - объем газа, проходящего через ткань в единицу времени,

S - площадь ткани,

DK – диффузионный коэффициент газа,

(P_1-P_2) - градиент парциального давления газа;

T - толщина барьера ткани

Для кислорода:

$P_{альв.возд}$=100 мм Hg

$P_{вен.крови}$= 40 мм Hg

P_1-P_2=60 мм Hg

P_1-P_2 = **60 мм Hg**

Для CO_2:

$P_{вен.крови}$=46 мм Hg

$P_{альв.возд.}$=40 мм Hg

P_1-P_2= 6 мм Hg

P_1-P_2 = **6 мм Hg**

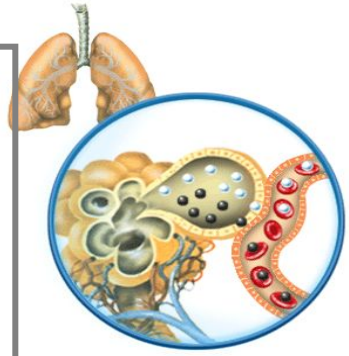
DK CO_2 >DK O_2 в 25 раз

Газообмен в легких и тканях

Вдыхаемый воздух:

pO_2 = 160 мм рт.ст. (21%)

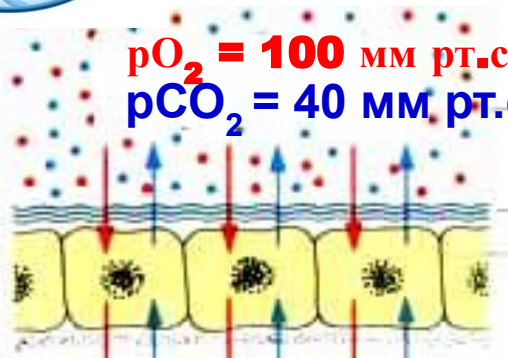
pCO_2 = 0.2 мм рт.ст. (0.03%)

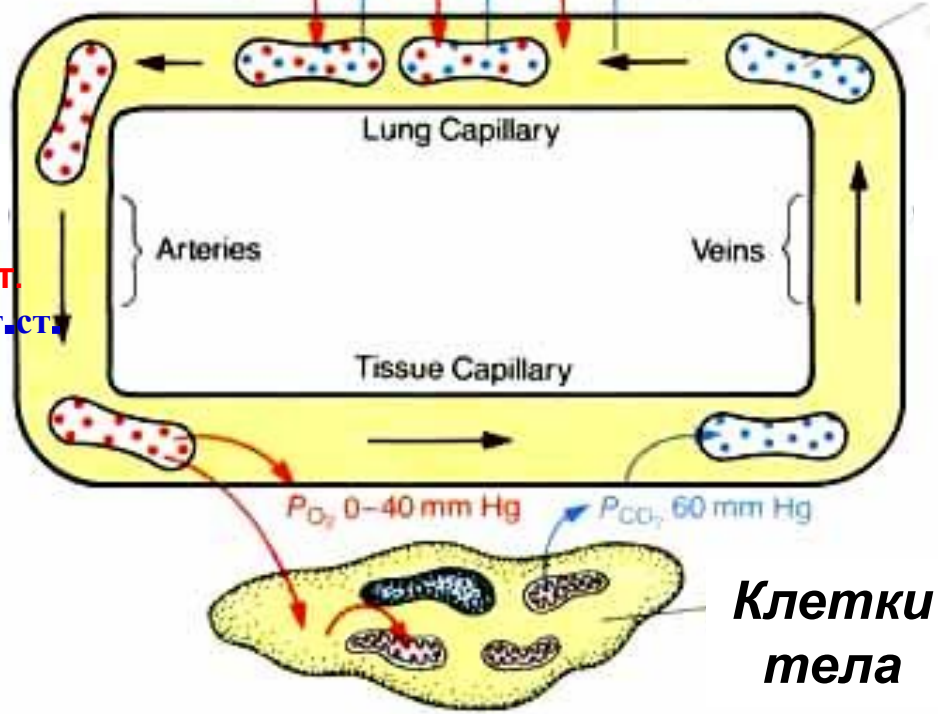


Выдыхаемый воздух:

pO_2 = 120 мм рт.ст. (16%)

pCO_2 = 27 мм рт.ст. (4.5%)





Артериальная кровь

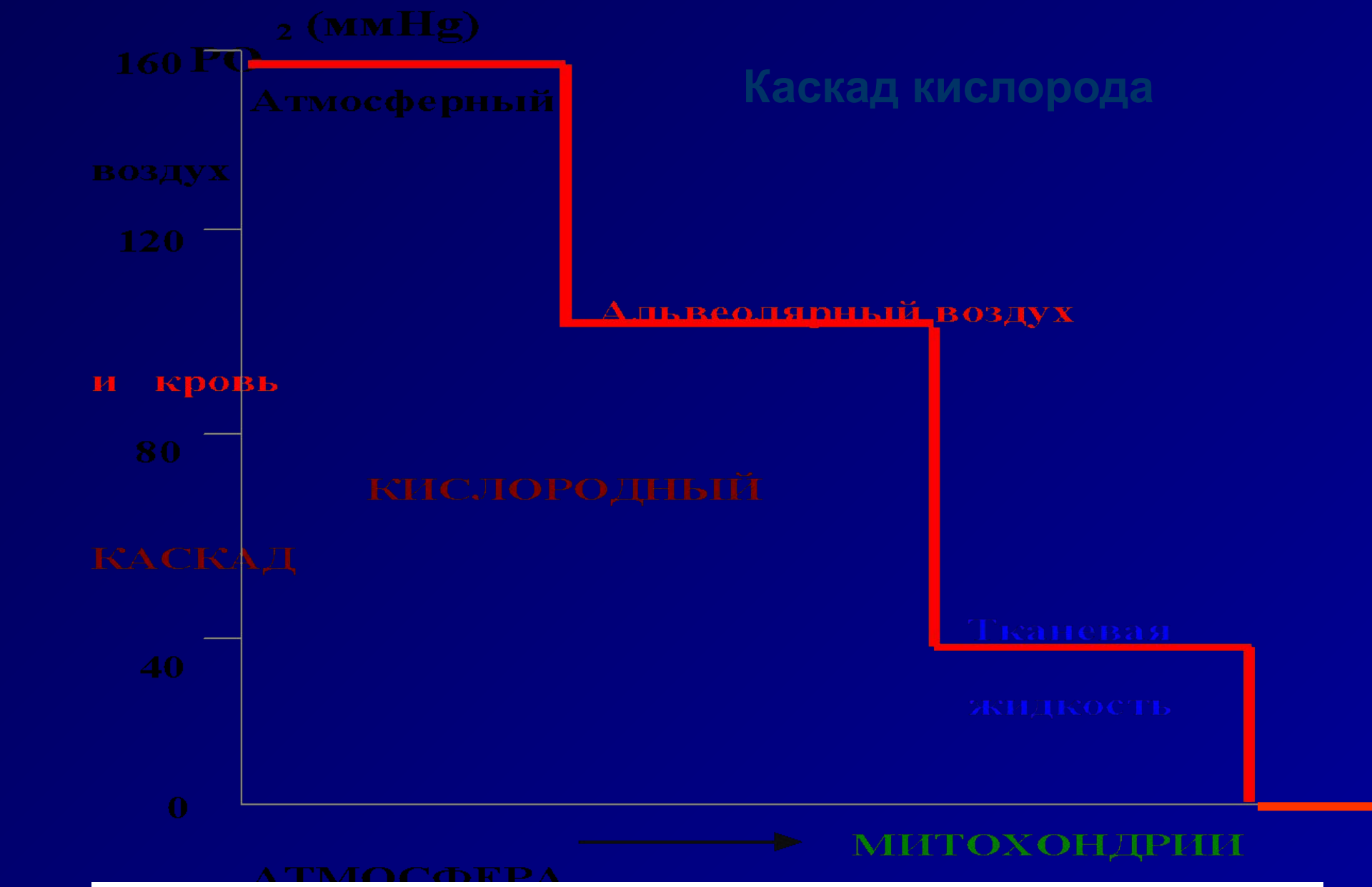
pO_2 = 96 мм рт.ст.

pCO_2 = 39 мм рт.ст.

Венозная кровь

pO_2 = 40 мм рт.ст.

pCO_2 = 46 мм рт.ст.



Падение O_2 по типу каскада от атмосферного воздуха (PaO_2 – **159** мм рт ст) до митохондрий (PaO_2 – **5** мм рт ст)

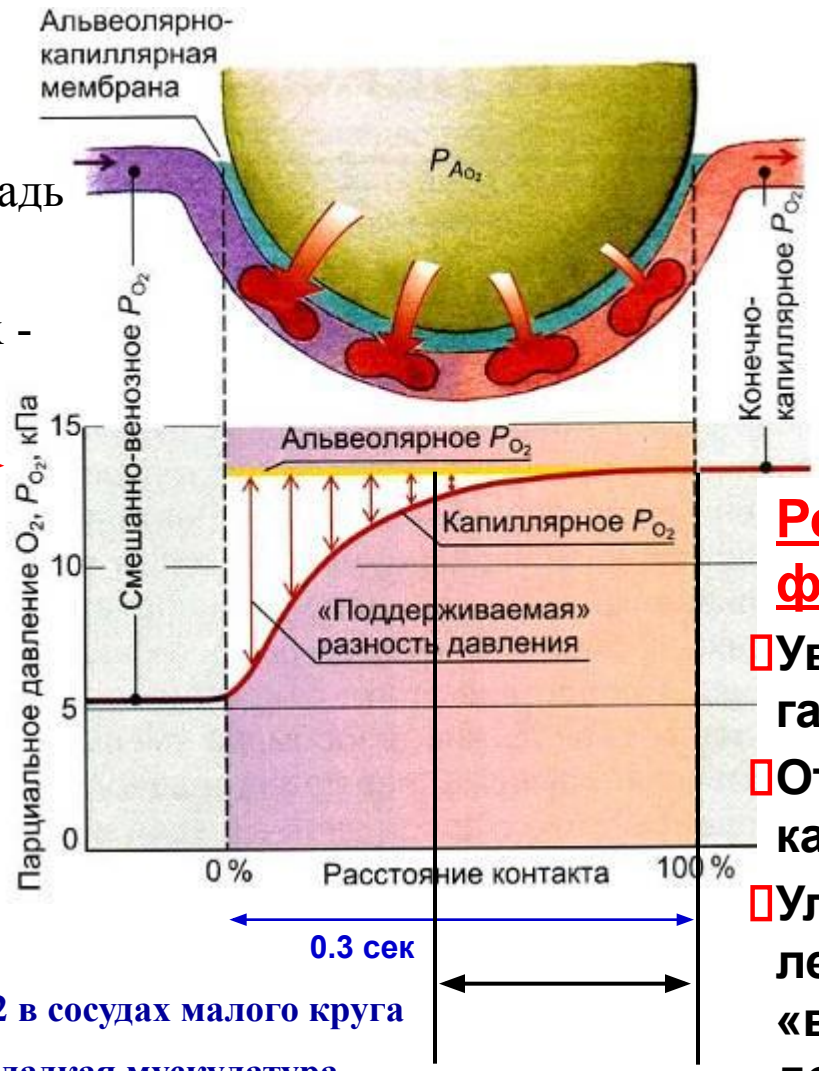
Диффузионные процессы в тканях.

Исследование закономерностей распределения pO_2 в тканях с помощью математических моделей были начаты еще в 1918 г. Эрлангом и Крогом. Модель тканевого цилиндра, предложенная Крогом в 1936 г., используется иногда и в настоящее время. В результате дальнейшего развития в этом направлении модели диффузионных процессов были существенно усложнены и приближены к реальным условиям газообмена и кровообращения различных тканей организма.

Процесс поступления O_2 из альвеол в кровь легочных капилляров имеет большой «запас прочности»

•**S** - суммарная площадь контакта между альвеолами и капиллярами лёгких - площадь диффузии;

100 мм рт.ст.



При недостатке О2 в сосудах малого круга кровообращения гладкая мускулатура сокращается (спазм легочных артериол) - эффект- Эйлера- Лильестранда

Резерв газообмена при физической нагрузке:

- **Увеличение времени газообмена**
- **Открытие дополнительных капилляров**
- **Улучшение давления в легочной артерии: «включение» дополнительных областей газообмена (верхушек легких)**

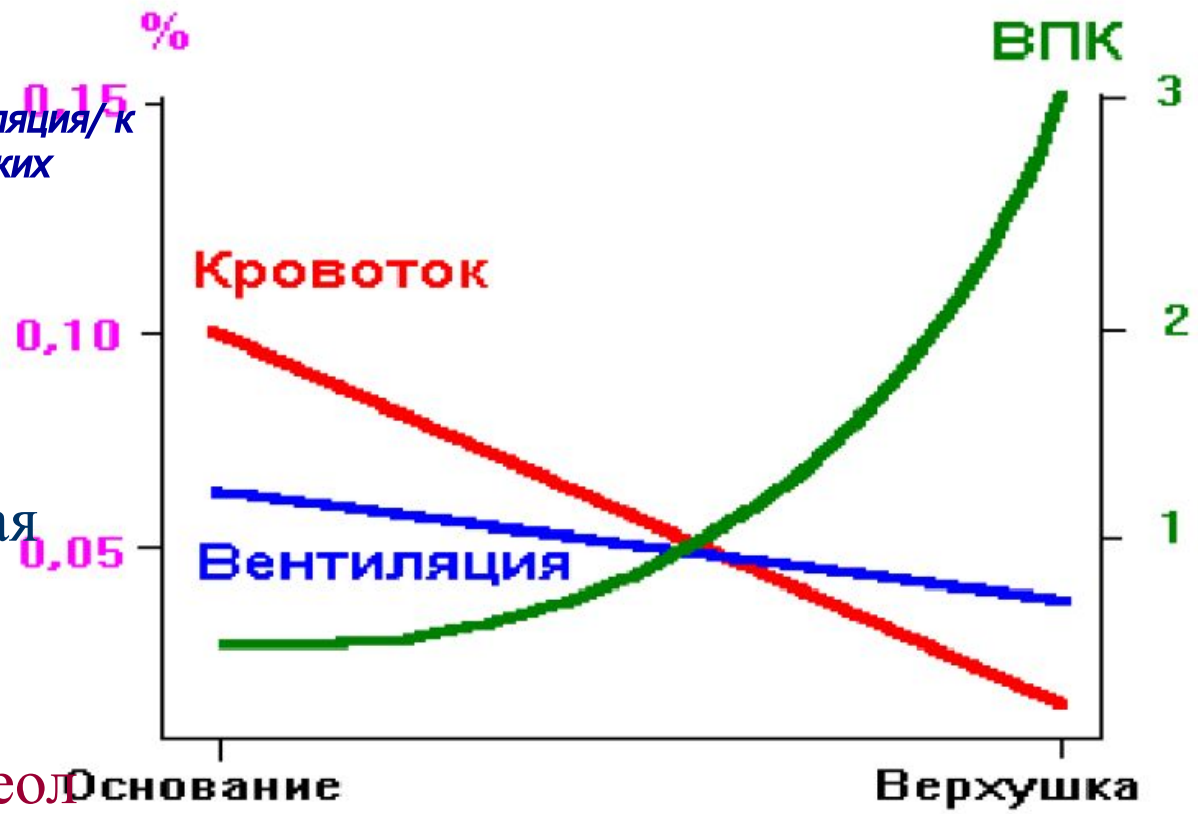
Соотношение вентиляции и перфузии в разных отделах легких. Распределение вентиляционно-перфузионного коэффициента (ВПК)

ВПК= МОД/МОК

08-09

альвеолярная вентиляция/ к кровотоку в легких

4л/5л

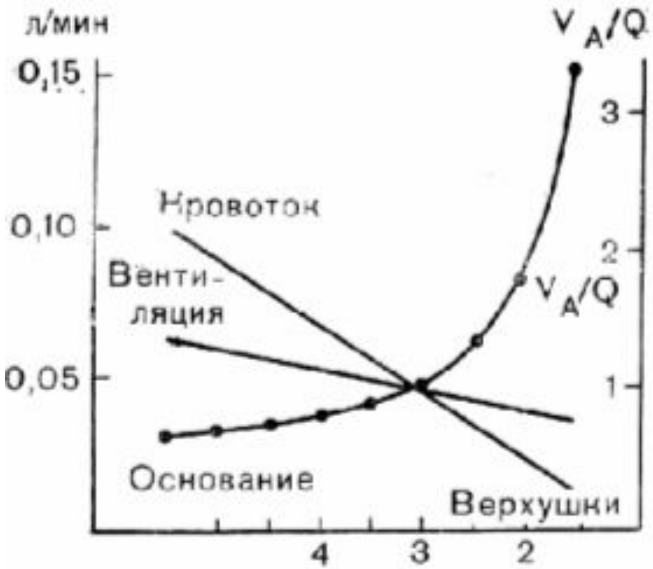


S= Va /Q

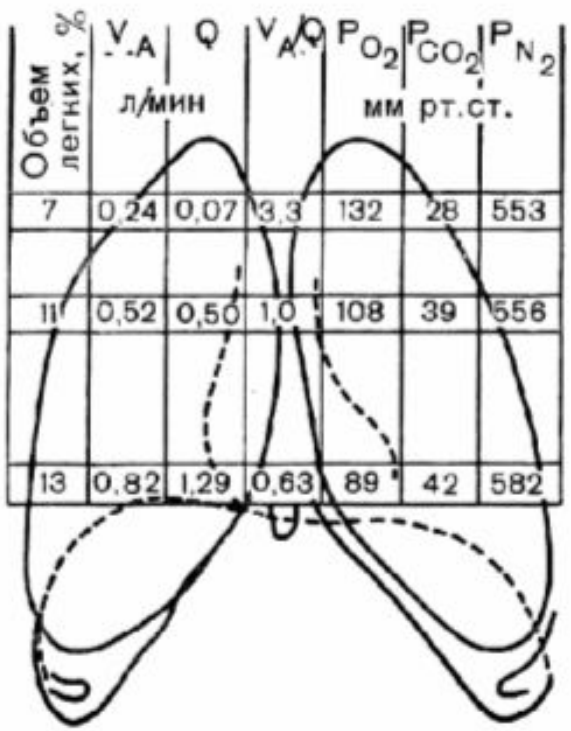
Va -альвеолярная вентиляция.

Q –перфузия капиляров альвеол

Соотношение вентиляции и перфузии в разных отделах легких. Распределение вентиляционно-перфузионного коэффициента (ВПК)



Объем легких, %	V_A л/мин	Q	V_A/Q	P_{O_2} мм рт.ст.	P_{CO_2}	P_{N_2}
7	0,24	0,07	3,3	132	28	553
11	0,52	0,50	1,0	108	39	556
13	0,82	1,29	0,63	89	42	582



S= Va /Q

Va -альвеолярная вентиляция.

Q –перфузия капиляров альвеол

ВЕНТИЛЯЦИОННО-ПЕРФУЗИОННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В РАЗНЫХ ЗОНАХ ЛЕГКИХ

ЗОНА Легких	Кровоток на % объема	Вентиляция на % объема	ВПК	$P\ O_2$ в крови (мм Hg)
1 Верхушки	0,01	0,03	3,0	120
2 Средняя	0,06	0,05	0,8	98
3 Основания	0,1	0,07	0,7	92

Соотношение между вентиляцией и перфузией

- **1. Анатомическое мертвое пространство**
  (воздухоносные пути)
- **2. Эффективное альвеолярное пространство**
  (вентилируемые и перфузируемые альвеолы)
- **3. Альвеолярное мертвое пространство**
  (вентилируемые,но не перфузируемые)
- **. Функциональное мертвое пространство**
  (анатомическое +альвеолярное)
- **4. Альвеолярный веноартериальный шунт**
  (не вентелируемые, но перфузируемые- кровь не оксигенируется)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗООБМЕНА

определяют 4 фактора:

- **Альвеолярная вентиляция**
- **Перфузия легких**
- **ДСЛ** *(диффузионная способность легких)*
- **Равномерность этих показателей в различных отделах легких**

Транспорт O_2 кровью

ДВЕ ФОРМЫ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА:

- физически растворенный газ: 3 мл O_2 в 1 л крови 0,3%

Закон Генри: $C_{газа} = K \times P_{газа}$, где
$C_{газа}$ - концентрация растворенного газа,
K - константа растворимости газа,
$P_{газа}$ - парциальное давление газа над уровнем жидкости

- связанный с гемоглобином газ: 97%
190 мл O_2 в 1 л крови

1 гр Hb-1,34 мл O_2 140 гр x 1,34 = 187 мл.O_2 – 19 об %

Формы переноса кислорода

Газообмен в легких необходим для следующего этапа дыхательного процесса - транспорта O_2 и CO_2 к тканям.

- *в физически растворенном состоянии* - **0,3%**

- **В артериальной крови химически связанного O_2 - 0,20 л**

в венозной O_2 - 0,15л

В артериальной крови % содержание CO_2 - 52 %

% в венозной CO_2 – 58%

ХАРАКТЕРИСТИКИ КРОВИ

$Hb + 4O_2 \rightarrow HbO_2$ $HbO_2 \rightarrow Hb + O_2$

Кислородная емкость крови - количество O_2, которое связывается кровью до полного насыщения гемоглобина

Хюфнера

Константа Гюфнера: 1 г Hb - 1,36 - 1,34 мл O_2

Кислородная емкость крови = 190 мл O_2 в 1 л

Всего в крови содержится около 1 литра O_2

Коэффициент утилизации кислорода = 30 - 40%

Коэффициент утилизации O_2

$$КУО_2 = \frac{V\%O_2 \text{ арт .крови} - V\% \ O_2 \text{в вен. крови} \times 100}{V\% \ O_2 \text{ в арт. крови}}$$

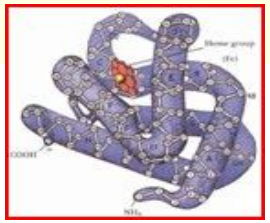
$КУО_2$= 30-40 %

$V\%O_2=20$ 8 $V\%O_2=12$

20-100%

8 - x%

КДО (КОГ)



Миоглобин

Гемоглобин

98%

75%

50%

Норма:
pH = 7,4;
температура = 37 °C;
P_{CO_2} = 5,3 кПа

Давление полунасыщения:
$P_{0,5}$ = 3,6 кПа

5,4 кПа

13,3 кПа

26мм рт.ст

Насыщение O_2, S_{O_2}

1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0

5
10
15
20

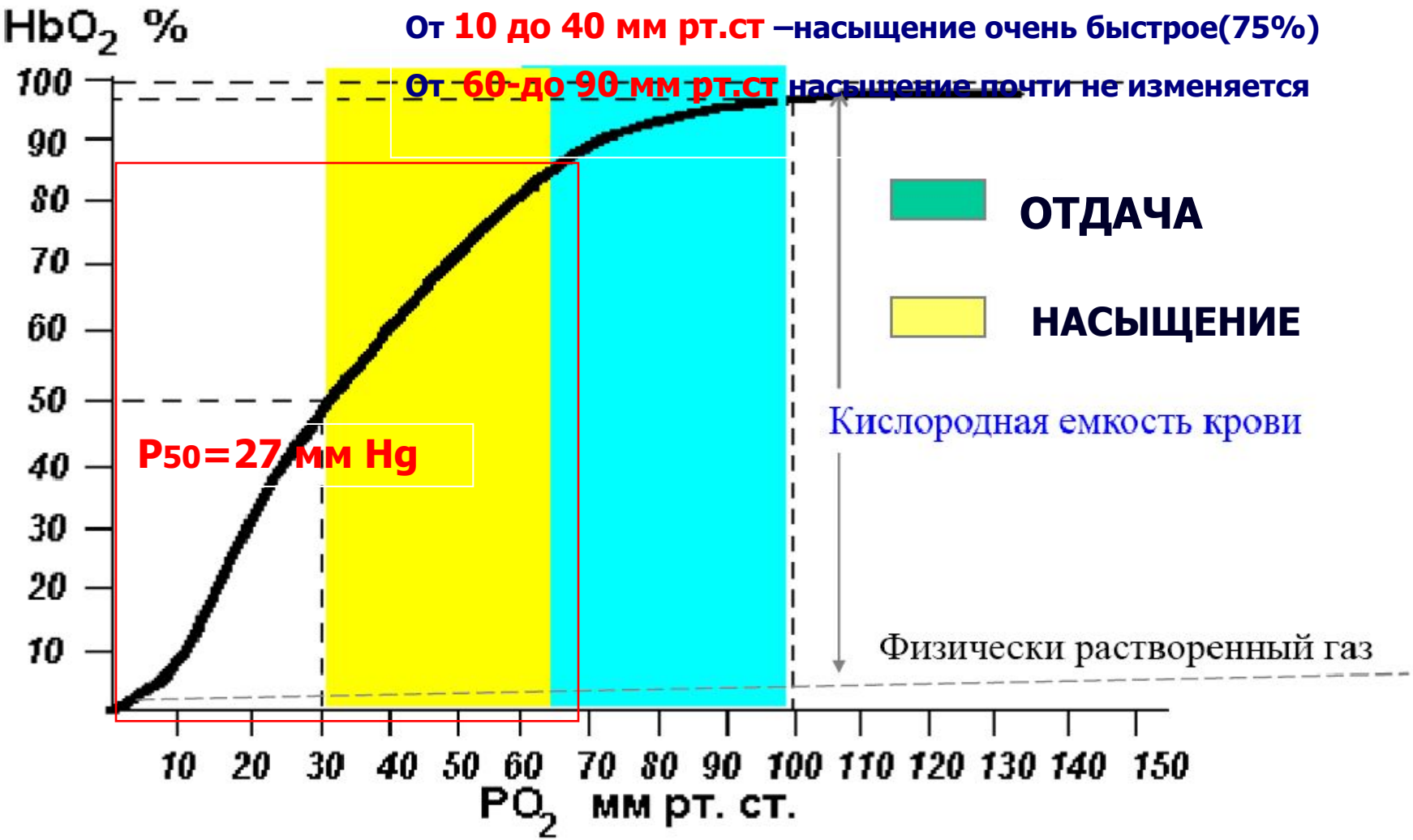
Парциальное давление O_2, P_{O_2}, кПа

Кривая диссоциации оксигемоглобина

От -0 до10 мм рт.ст. –прямопропорциональная зависимость

От 10 до 40 мм рт.ст –насыщение очень быстрое(75%)

От 60 до 90 мм рт.ст насыщение почти не изменяется



Сродство гемоглобина к O2 изменяется в зависимости от многих факторов.

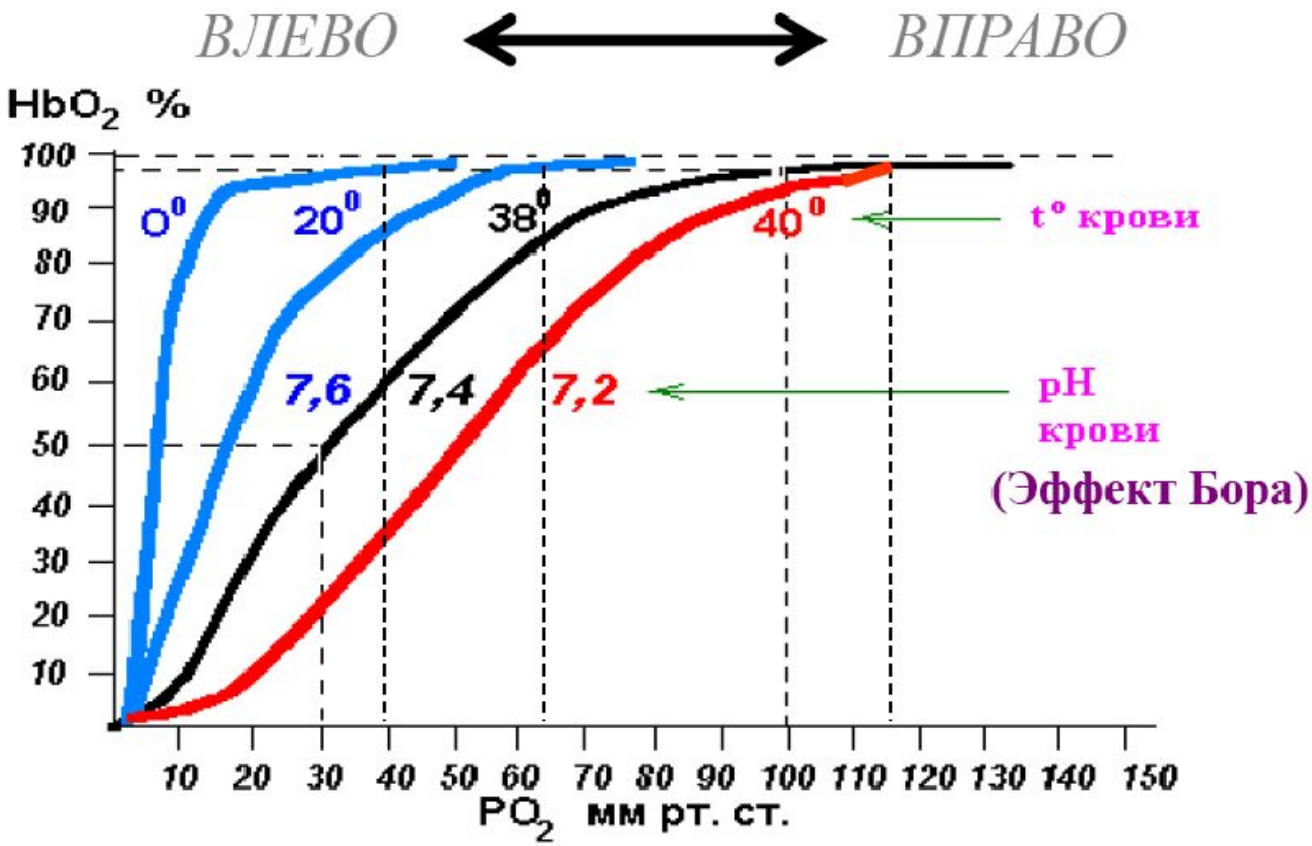
Если **сродство гемоглобина к O2 увеличивается**, то процесс идет в **сторону образования оксигемоглобина и график диссоциации смещается влево.** Это наблюдается при:

- понижении напряжения CO2;
- понижении температуры;
- сдвиге PH в щелочную сторону.

При **понижении сродства гемоглобина к O2** процесс идет больше в **сторону диссоциации оксигемоглобина, при этом график диссоциации смещается вправо.** Наблюдается при

- увеличении парциального давления CO2;
- повышении температуры;
- смещении PH в кислую сторону.

Сдвиги кривой диссоциации



Сдвиг влево - легче насыщение кислородом: **<t; <Pco$_2$; >pH**

Сдвиг вправо - легче отдача кислорода: **>t; >Pco$_2$; <pH**

Роль гемоглобина

- В легких Hb выполняет функцию кислоты

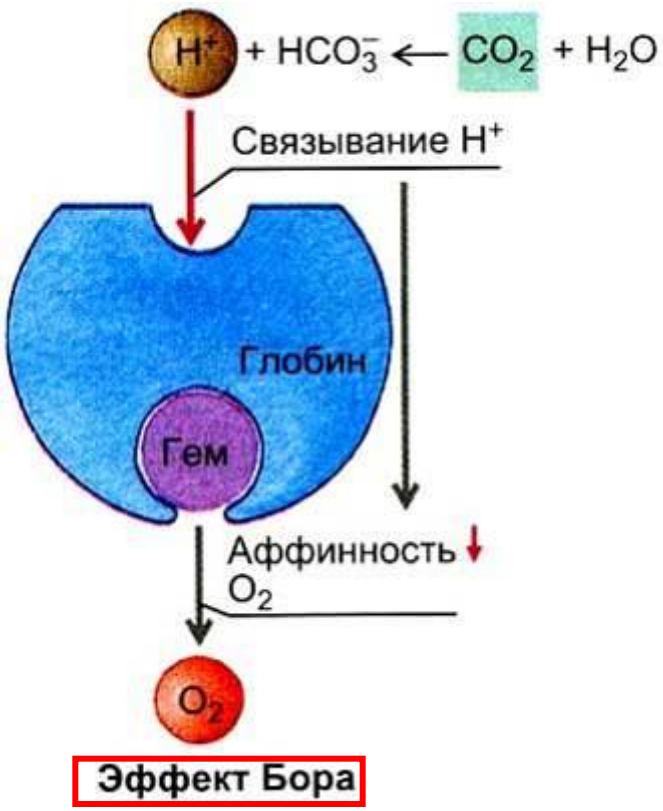
H2O

- $HbO_2 + KHCO_3 \rightarrow KHbO_2 + H_2CO_3$
- Более сильная кислота предотвращает защелачивание

CO2

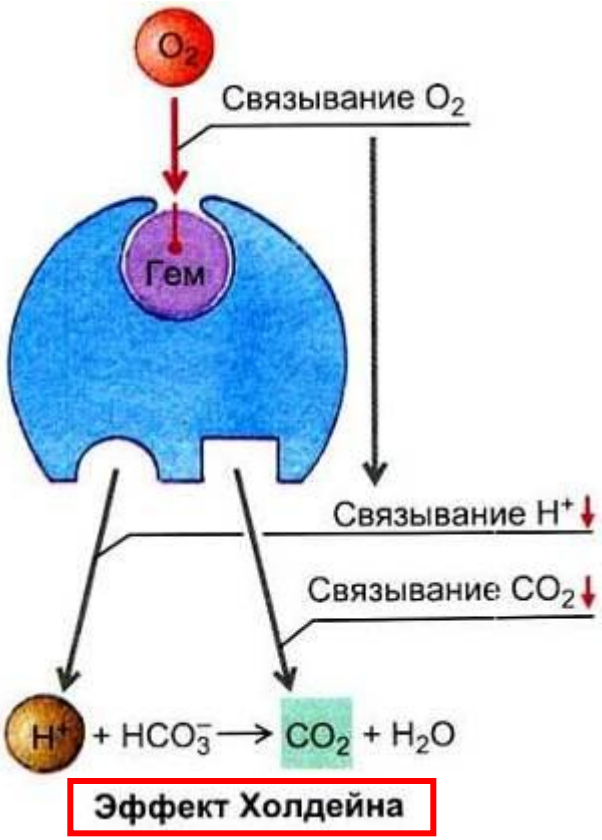
- В тканях Hb ведет себя как основание
- $KHbO_2 - O_2 \quad KHb + H_2CO_3 + HHb$
- $H_2O + CO_2$

Связывание H^+ уменьшает сродство Hb к O_2



В ТКАНЯХ гемоглобин легко отдает O_2

Связывание O_2 уменьшает сродство Hb к H^+ и CO_2



В ЛЕГКИХ гемоглобин легко отдает CO_2

Факторы влияющие на сродство Нв к О2

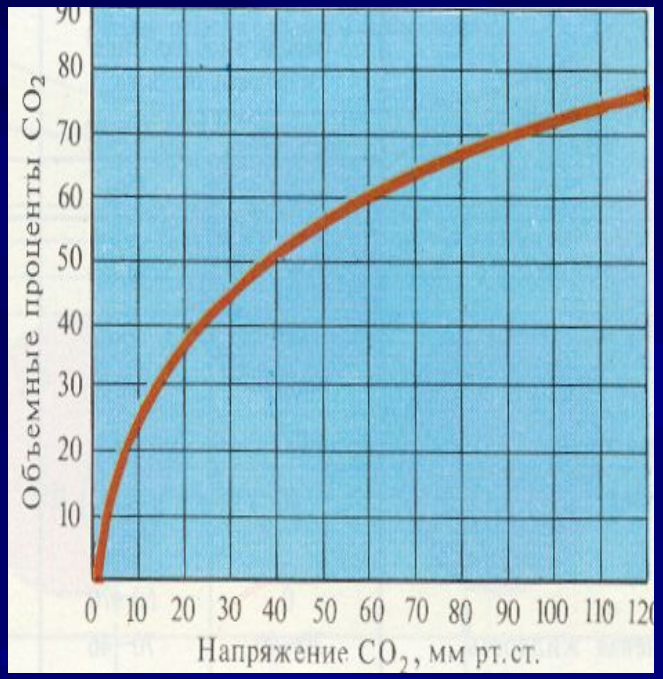
- *Во время оксигенации происходит отщепление от гемоглобина протонов, которые, накапливаясь в эритроците, увеличивают его кислотность, что само по себе приводит к снижению сродства Нв к О2. В сущности это и есть выражение эффекта Бора – зависимость процесса оксигенации от pH.*
- *• При pH больше 6,0 в растворе при стабильном режиме оксигенации содержится больше НвО2, чем НвН, а при PH меньше 6,0 при тех же условиях оксигенации в растворе преобладает восстановленный Нв.*
- *• Влияния pH на кривую диссоциации оксигемоглобина тесно связано с влиянием на нее внутриэритроцитарного метаболита 2,3-ДФГ.*

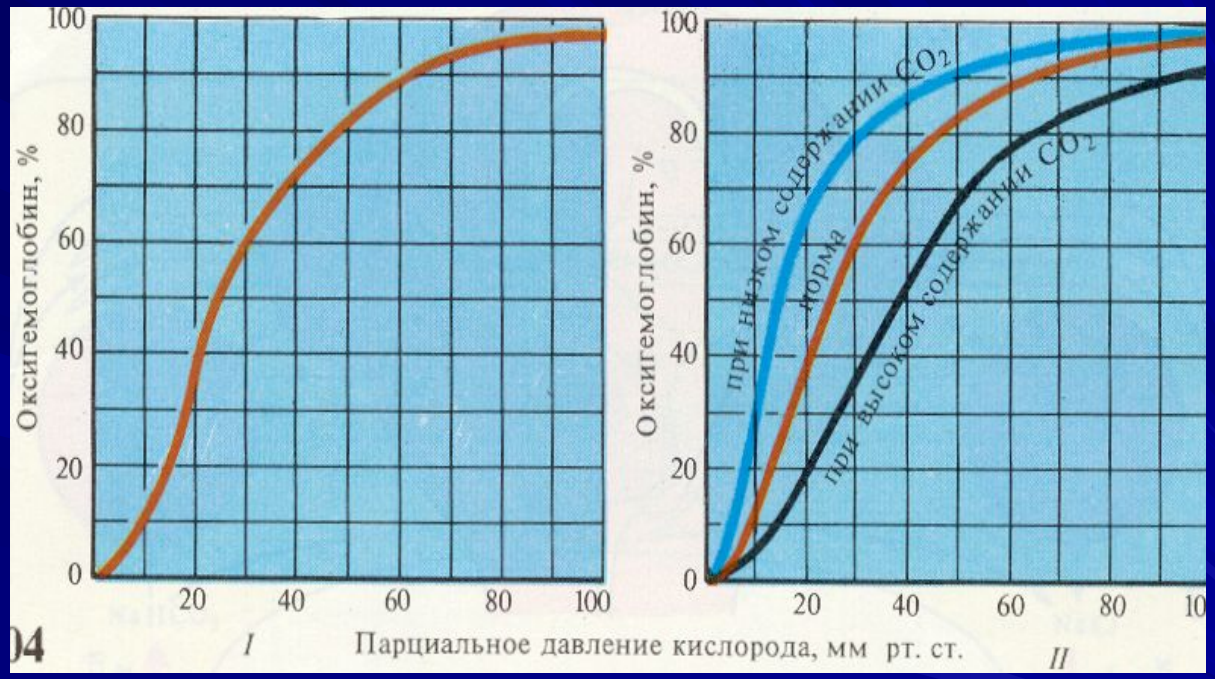
Установлено, что образование этого промежуточного продукта гликолиза также регулируется pH внутр.ср. эритроцита:

алкалоз усиливает образование 2,3 – ДФГ, ацидоз – ингибирует.

pH оказывает прямое влияние на сродство Нв к О2 и косвенное влияние на эту функцию через продукцию 2,3ДФГ.

Влияние изменения напряжения CO_2 на кривую диссоциации оксигемоглобина

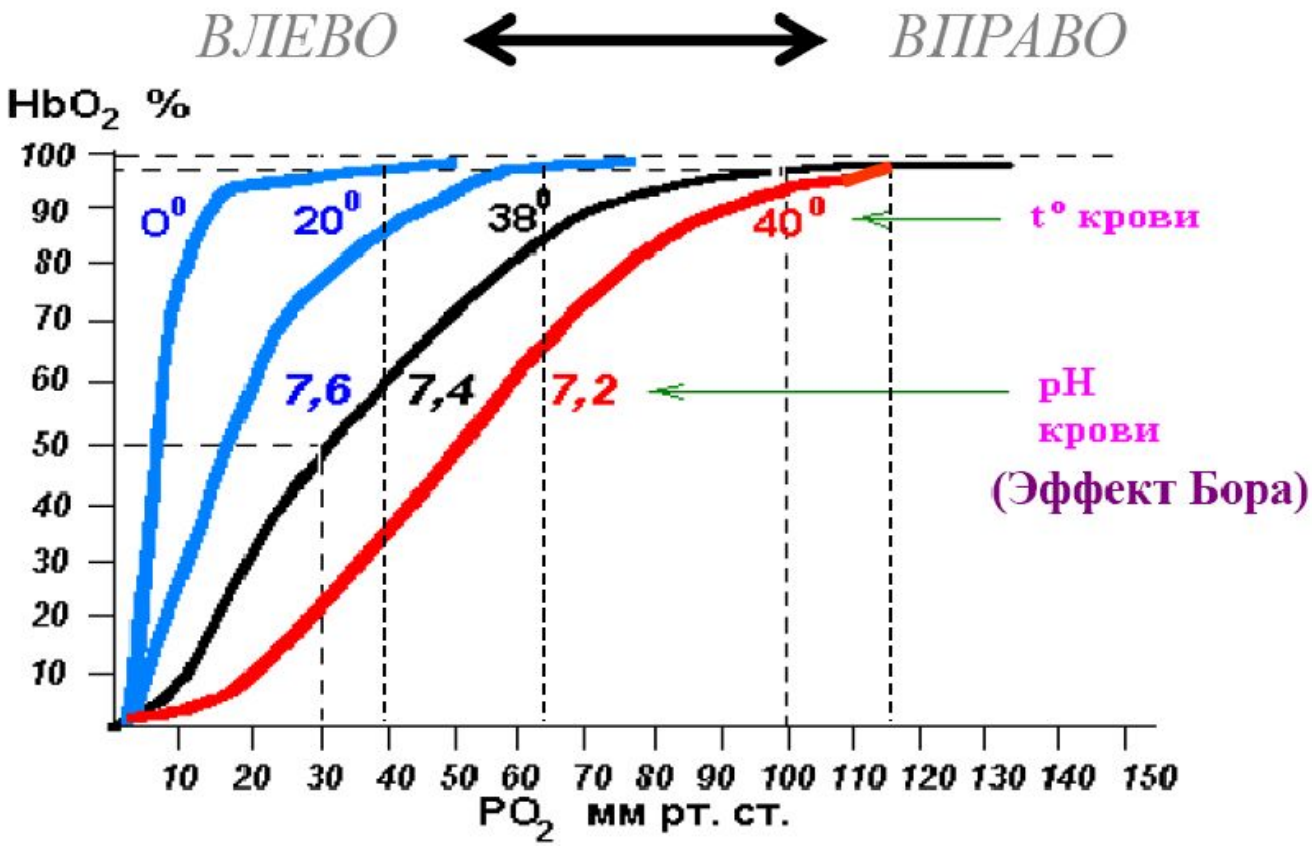




Низкое содержание**CO2**

Нормальное содержаниеCO2

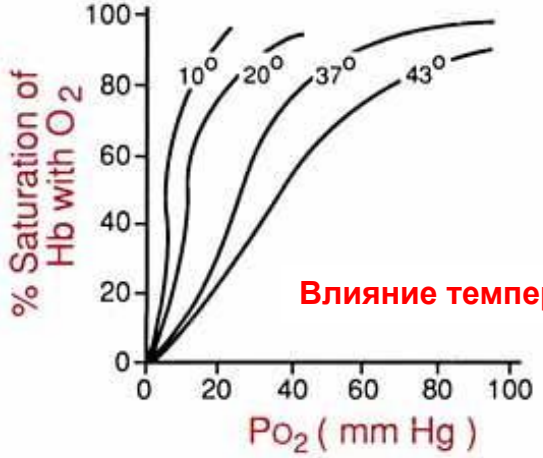
Сдвиги кривой диссоциации



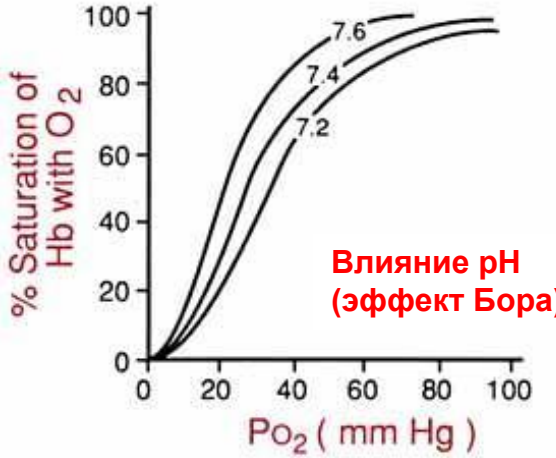
Сдвиг влево - легче насыщение кислородом: **<t; <Pco$_2$; >pH**

Сдвиг вправо - легче отдача кислорода: **>t; >Pco$_2$; <pH**

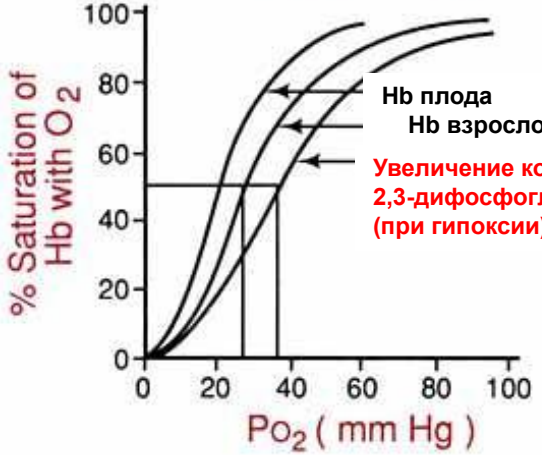
Влияние различных параметров крови на кривую диссоциации оксигемоглобина



Влияние температуры



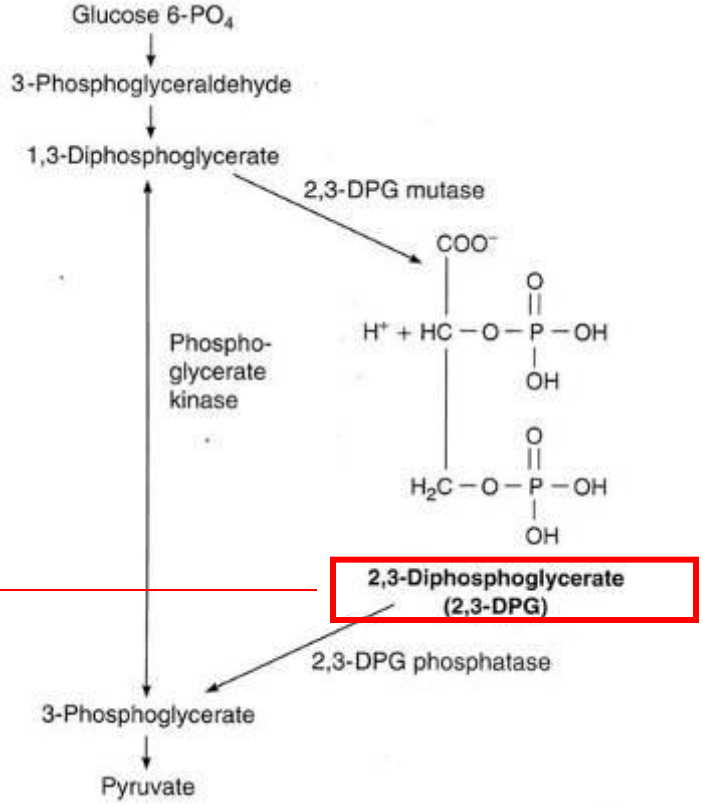
Влияние pH (эффект Бора)



Hb плода

Hb взрослого человека

Увеличение концентрации 2,3-дифосфоглицерата в крови (при гипоксии)



Транспорт CO_2 кровью

ТРИ ФОРМЫ ТРАНСПОРТА :

- физически растворенный газ - 5-10%

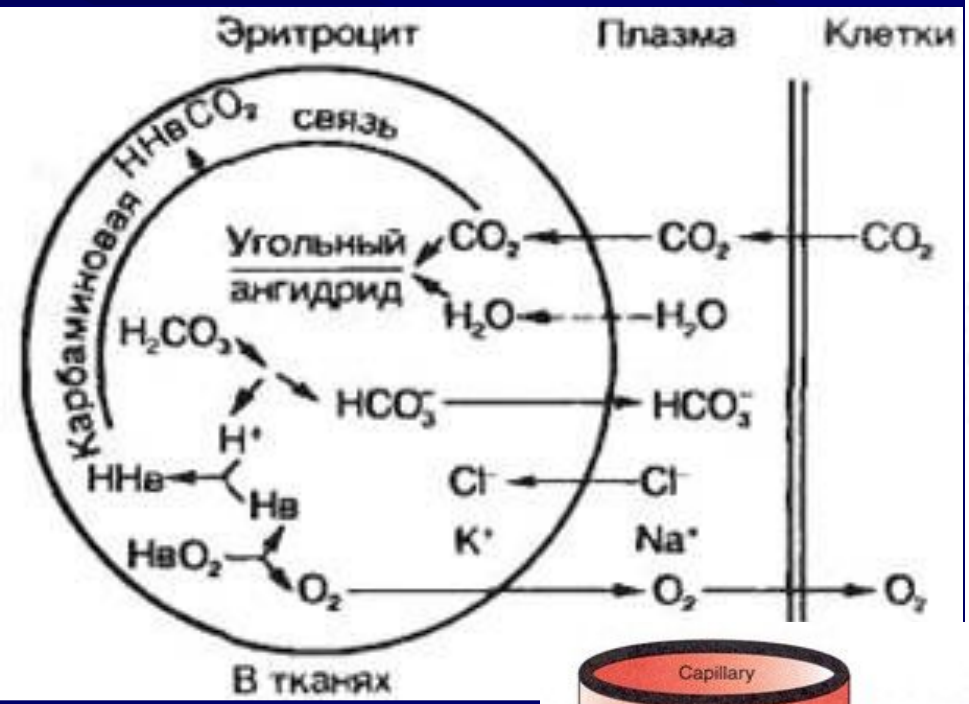
  от 3 до 6 %

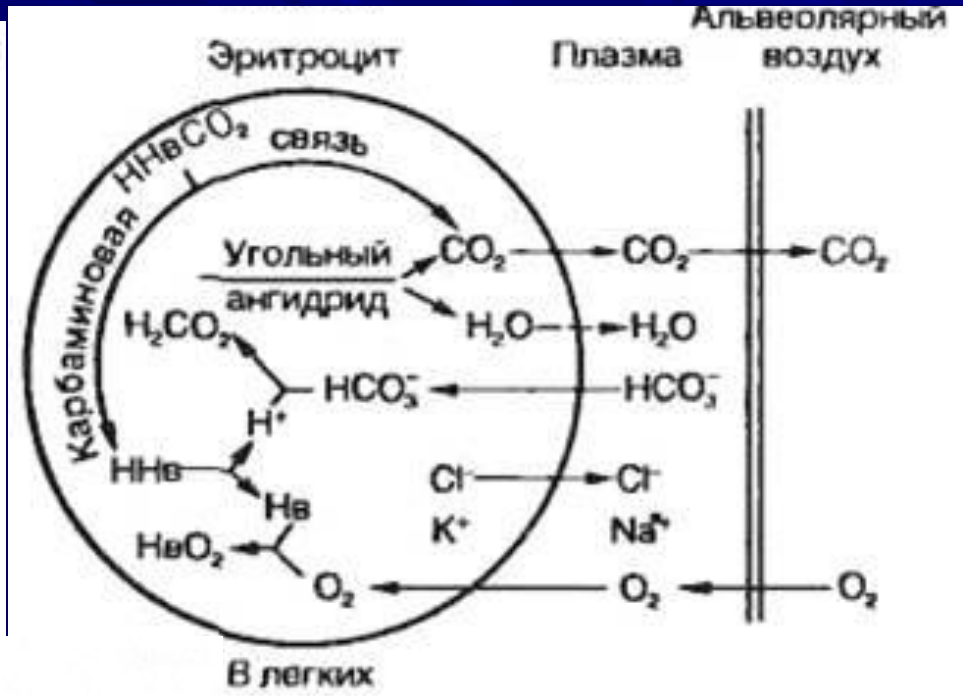
- химически связанный в бикарбонатах: в плазме $NaHCO_3$, в эритроцитах $KHCO_3$ - 80-90%

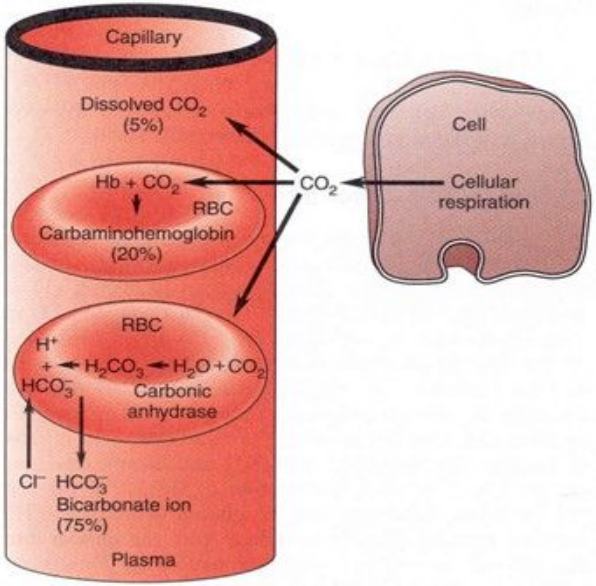
- связанный в карбаминовых соединениях гемоглобина: $Hb{\cdot}NH_2 + CO_2 \rightarrow HbNHCOOH$ - 5-15%

Транспорт CO_2 и O_2

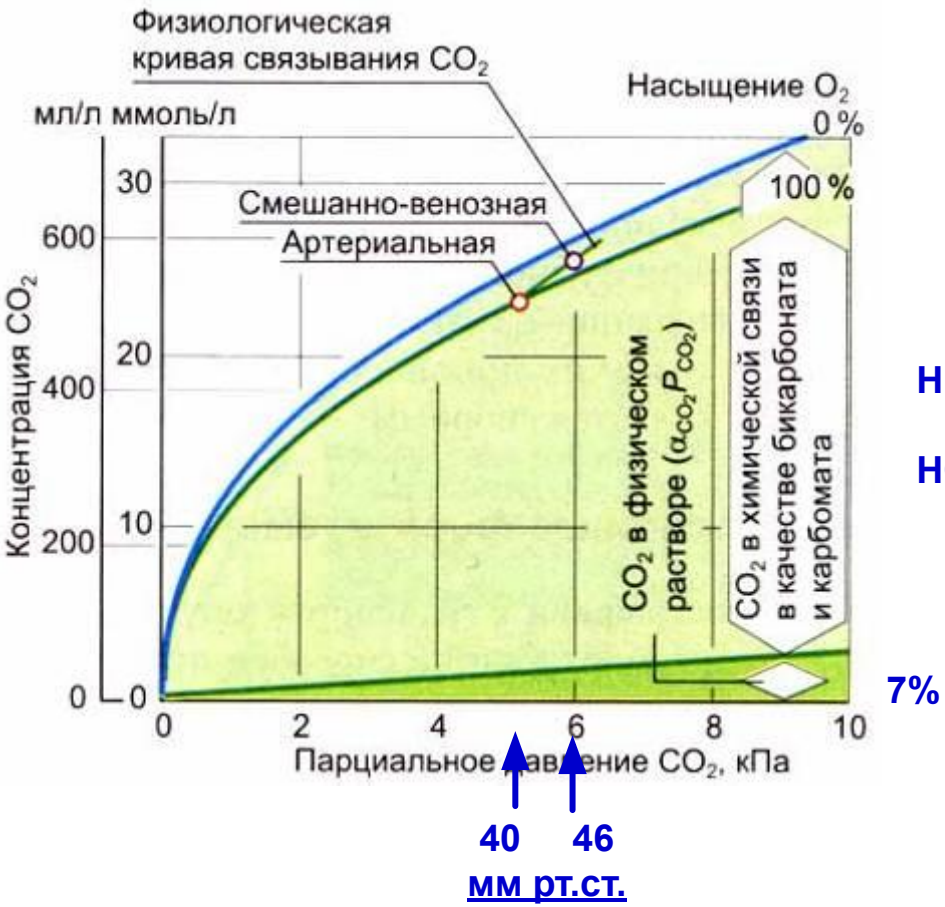
кабаминогемоглобин







Транспорт CO_2 кровью



$Hb*CO_2$: 23% (карбаминогемоглобин)

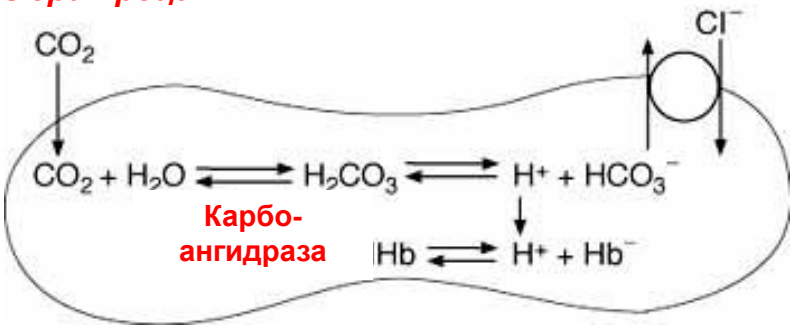
HCO_3^-: 70%

Содержание Cl^- в эритроцитах в венозной крови больше, чем в артериальной

Хлоридный сдвиг

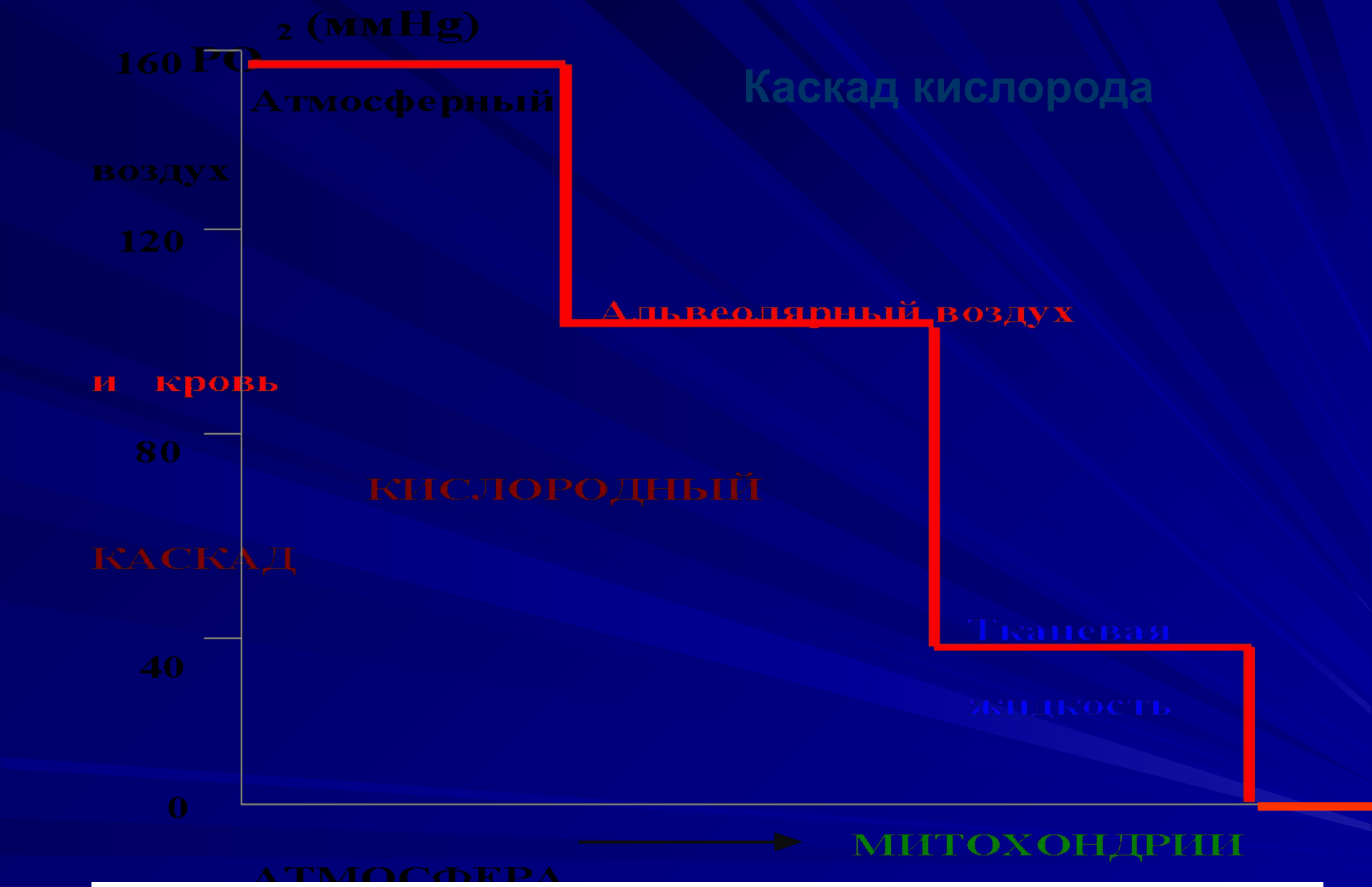
$$HbNH_2+CO_2= HbNHCOO+H$$

Поступление CO_2 в эритроцит



Газообмен в тканях

	Ткани	*Тканевая Жидкость*	**Артериальная кровь**
pO_2	*0*	← *20-40*	← **100(96)**
pCO_2	*60-45*	→ *46*	→ *36-40*



Падение O_2 по типу каскада от атмосферного воздуха (PaO_2 – **159** мм рт ст) до митохондрий (PaO_2 – **5** мм рт ст)

Дыхательная функция легких заключается в поддержании относительно постоянного уровня напряжения O_2 и CO_2

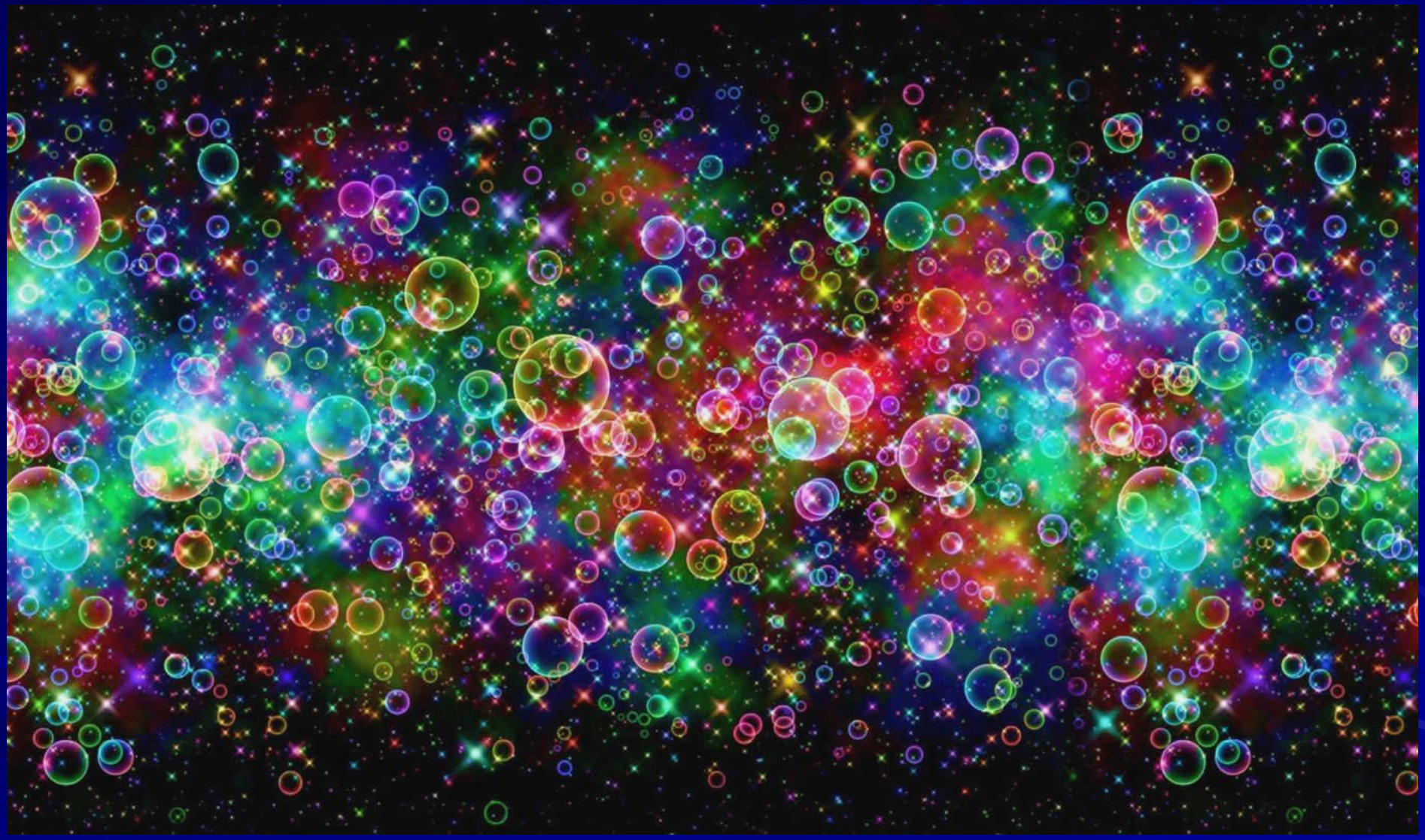
Различают :

- **Нормоксию** - нормальное содержание кислорода в организме
- **Гипоксию** - недостаток кислорода в организме и в тканях
- **Гипоксемию** - недостаток кислорода в крови
- **Гипероксию** - увеличение напряжения кислорода в крови

- **НОРМОКАПНИЯ** - нормальное содержание CO_2 в организме
- **ГИПЕРКАПНИЯ** - повышенное содержание CO_2 в организме
- **ГИПОКАПНИЯ** - сниженное содержание CO_2 в организме

- **ЭУПНОЕ, ГИПЕРПНОЕ**

Классификация типов вентиляции с учетом парциального давления газов в альвеолах.

- Нормовентиляция (нормовентиляция, парциальное давление CO_2 в альвеолах поддерживается на уровне ~ 40 мм рт. ст.
- Гипервентиляция: усиленная вентиляция, превышающая метаболические потребности (Ра CO_2 < 40 мм рт.ст.).
- Гиповентиляция: сниженная вентиляция по сравнению с метаболическими потребностями организма (Ра CO_2> 40 мм рт. ст.)
- Повышенная вентиляция: любое увеличение альвеолярной вентиляции по сравнению с уровнем покоя (например, при мышечной работе).
- Эупноэ: нормальная вентиляция в покое, сопровождающаяся субъективным чувством комфорта.
- Гиперпноэ: увеличение глубины дыхания независимо от того, повышена ли при этом частота дыхательных движений или нет.
- Тахипноэ: увеличение частоты дыхания
- Брадипноэ: снижение частоты дыхания.
- Апноэ: остановка дыхания, обусловленная главным образом отсутствием физиологической стимуляции дыхательного центра (уменьшение напряжения CO_2 в артериальной крови).
- Диспноэ (одышка): неприятное субъективное ощущение недостаточности дыхания или затрудненного дыхания.
- Ортопноэ: выраженная одышка, связанная с застоем крови в легочных капиллярах в результате недостаточности левого сердца. В гориз.положении состояние усугубляется. Асфиксия: остановка или угнетение дыхания, связанное главным образом с параличом дыхательных центров. Газообмен резко нарушен (наблюдается гипоксия)

Благодарю за внимание !