

**ДЫХАНИЕ**

- Дыхание - сложный многоэтапный процесс доставки кислорода к тканям, окисление органических веществ с высвобождением энергии и выведением образовавшейся углекислоты из организма.
- Этапы Дыхания:
- Внешнее дыхание: газообмен между атмосферным и альвеолярным воздухом;
- Газообмен между альвеолярным воздухом и кровью;
- Транспорт газов кровью;
- Газообмен между кровью и клетками тканей организма;
- Внутреннее или тканевое дыхание.

# 1 этап внешнее дыхание

- Газовые среды

Воздух	Газы, входящие в состав воздуха, %		
	Кислород	Углекислый газ	Азот и пары воды
Вдыхаемый	20,94	0,03	79,03
Выдыхаемый	16,30	4,00	79,70
Альвеолярный	14,20	5,20	80,60

Газы	Атмосферный воздух, мм рт. ст. (%)	Альвеолярный воздух, мм рт. ст. (%)	Выдыхаемый воздух, мм рт. ст. (%)
N <sub>2</sub>	597,0 (78,62 %)	573,0 (75 %)	566,0 (74 %)
O <sub>2</sub>	159,0 (20,84 %)	100,0 (13,5 %)	120,0 (16 %)
CO <sub>2</sub>	0,3 (0,04 %)	40,0 (5,5 %)	27,0 (4 %)
H <sub>2</sub> O	3,7 (0,5 %)	47,0 (6 %)	47,0 (6 %)
Итого...	760,0 (100,0 %)	760,0 (100,0 %)	760,0 (100,0 %)

# Обмен газов между атмосферным и альвеолярным- за счет разности парциальных давлений газов

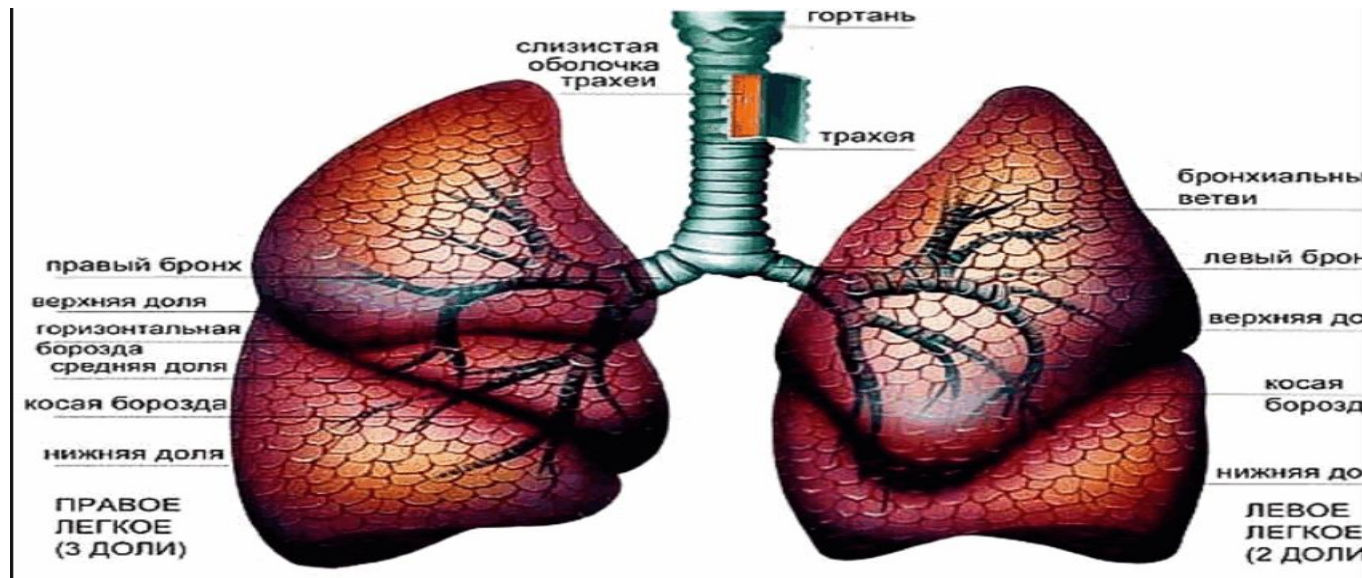
	Парциальное давление газов, мм рт. ст., кПа									
	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		N <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> O		общее	
	мм рт. ст.	кПа	мм рт. ст.	кПа	мм рт. ст.	кПа	мм рт. ст.	кПа	мм рт. ст.	кПа
Вдыхаемый воздух	159	19,98	0,03	—	596	79,5	5,7	0,76	760	101,3
Выдыхаемый »	116	15,5	32	4,27	565	75,4	47	6,26	760	101,3
Альвеолярный »	100	13,3	40	5,33	573	76,43	47	6,26	760	101,3
Кровь артериальная	100	13,3	40	5,33	573	76,43	47	6,26	760	101,3
Кровь венозная	40	5,33	46	6,13	573	76,43	47	6,26	706	94,2
Ткани	30	4,0	50	6,67	573	76,43	47	6,26	700	93,4

и менее и более

- Свойства альвеолярного воздуха:
- Объем и газовый состав в норме постоянны;
- Газовый состав альвеолярного отличается от атмосферного;
- Постоянство газового состава альвеолярного воздуха регулируется содержанием  $\text{CO}_2$

# Механизм вдоха и выдоха

- Биомеханика внешнего дыхания – трахея имеет диаметр 15-30 мм на уровне V грудного позвонка делиться на 2 бронха, далее бронхиальное дерево образует 16 генераций бронхов, которое относится к проводящей зоне легкого и создают не участвующее в газообмене анатомическое мертвое пространство 150-180 мл. Последующие 3 генерации бронхиол составляют переходную зону, следующие 4 генерации (20-23) образуются альвеолярными ходами и мешочками переходят в отдельные альвеолы. Вентиляция воздухоносных путей осущ. Конвективным путем, а с 20 генерации – диффузией. Физиологическое мертвое пространство – относится объем альвеол, где имеется вентиляция, нет перфузии крови.



- Поступление воздуха в легкие при вдохе и изгнание его при выдохе осуществляется благодаря ритмичному и сужению грудной клетки и легких. Вдох является первично активным (осуществляется с непосредственной затратой энергии), выдох может быть первично активным при форсированном дыхании. При спокойном дыхании выдох вторично активный, осуществляется за счет потенциальной энергии, накопленной в при вдохе.
- Механизм вдоха.
- Расширение грудной клетки при вдохе обеспечивается сокращением инспираторных мышц и происходит в трех направлениях: вертикальном, фронтальном и сагиттальном. Инспираторными мышцами являются диафрагма, наружные межреберные и межхрящевые. В вертикальном направлении грудная клетка расширяется в основном за счет диафрагмы и смещения ее сухожильного центра вниз.
- Расширение в сагиттальном направлении и в стороны происходит при поднятии ребер вследствие сокращения наружных межреберных и межхрящевых мышц.
- Расширение легких.
- Главная причина расширения легких – атмосферное давление воздуха, действующее на легкие только с одной стороны – через воздухоносные пути. Вспомогательную роль выполняют силы сцепления висцерального и париетального листков.
- Поступление воздуха в легкие при их расширении является результатом некоторого падения давления в альвеолах. Увеличение ЭТЛ при вдохе обеспечивает дополнительное расширение бронхов.
- Механизм выдоха.
- Сужение грудной клетки
- Сужение легких
- Изгнание воздуха из легких в атмосферу
- Экспираторными являются внутренние межреберные мышцы и мышцы брюшной стенки.
- Спокойный выдох осуществляется без непосредственной затраты энергии. Сужение грудной клетки обеспечивают ЭТЛ (сила, стремящаяся вызвать спадение легких) и эластическая тяга стенки живота. Это достигается следующим образом. При вдохе растягиваются легкие, вследствие чего возрастает ЭТЛ. Кроме того диафрагма опускается вниз и оттесняет органы брюшной полости, растягивая при этом стенку живота и увеличивая ее эластическую тягу. Как только прекращается поступление импульсов к мышцам вдоха по диафрагмальному и межреберным нервам, прекращается возбуждение мышц, вследствие чего они расслабляются. Грудная клетка суживается под влиянием ЭТЛ и тонуса мышц стенки живота, при этом органы грудной полости оказывают воздействие на диафрагму. Вследствие происходящих процессов легкие сжимаются. Поднятию купола диафрагмы способствует также ЭТЛ. Давление воздуха в легких возрастает из – за уменьшения их объема и воздух изгоняется наружу.

Отрицательное давление в плевральной щели –разница между атмосферным давлением и эластической тягой легких  
 $P_{\text{атм}} - P_{\text{эл.тяги}} = P_{\text{отр.}}$

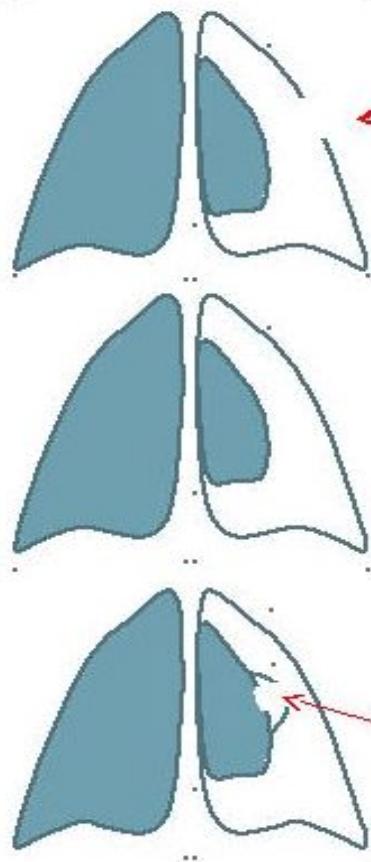
- Отрицательное давление в плевральной щели – величина, на которую давление в плевральной щели ниже атмосферного. В норме при вдохе (-9) – выдохе(-6) мм рт ст. Оно зависит от фазы дыхательного цикла: при максимальном вдохе возрастает до -20 мм рт ст, при максимальном выдохе приближается к нулю. Уменьшается в легких сверху вниз, т.к. верхние отделы растянуты сильнее, чем нижние.
- Значение отрицательного давления для организма заключается в том, что оно обеспечивает сжатие грудной клетки при выдохе и куполообразное положение диафрагмы, т.к. давление в брюшной полости несколько выше атмосферного за счет тонуса мышц стенки живота, а в грудной полости ниже атмосферного, а также способствует возврату крови и лимфы к сердцу, особенно при вдохе (присасывающее действие грудной клетки), заставляет легкие следовать за движениями грудной клетки.



# Опыт Мюллера

- При вдохе с закрытым носом и ртом отриц. Давление возрастает до -53-63 мм рт. ст.
- В плевральной полости есть только межплевральная жидкость и нет воздуха в норме. Под влиянием силы отрицательного давления в плевральной полости легкие при вдохе пассивно следуют за опережающим расширением объема грудной полости. При введении воздуха в плевральную полость легкие под влиянием силы пластической тяги спадают - пневмоторекс

## ВИДЫ ПНЕВМОТОРАКСА



1. **Открытый пневмоторакс**  
плевральная полость сообщается  
с окружающей средой

2. **Закрытый пневмоторакс**  
нет сообщения плевральной полости  
с окружающей средой после  
попадания в неё воздуха

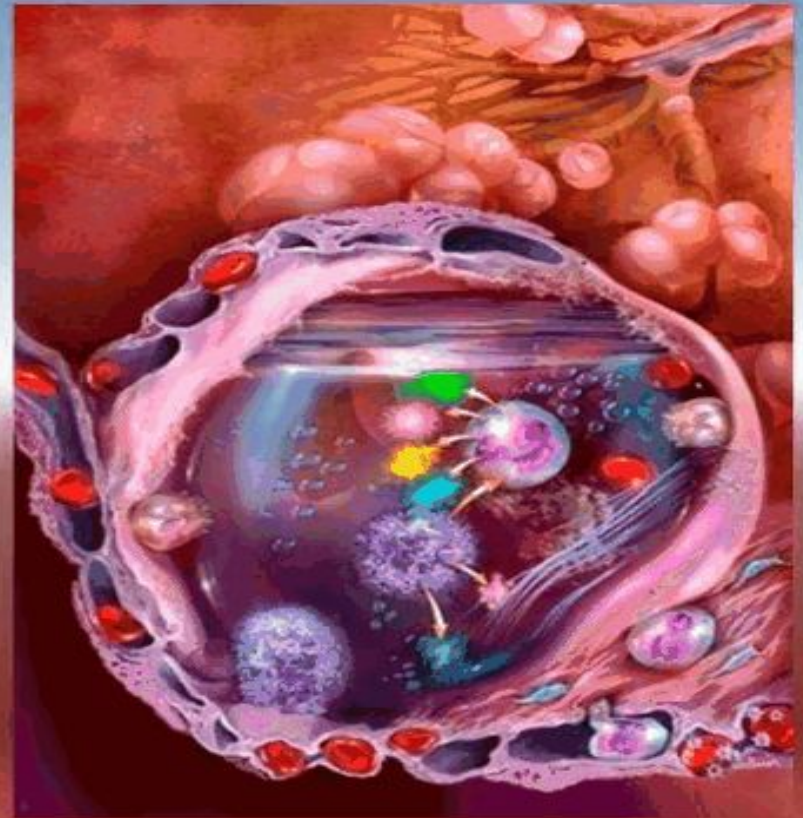
3. **Клапанный пневмоторакс**  
при вдохе воздух попадает в полость  
плевры через разрыв, при выдохе  
отверстие закрывается - воздух  
остаётся в плевральной полости

# сурфактант

- Растяжению альвеол легких препятствует находящийся в клетках альвеолярного эпителия –сурфактанты, поверхностно-активные вещества, снижают поверхностное натяжение альвеол. По составу- смесь белков и липидов.

## Сурфактант

- Представляет собой природный комплекс фосфолипидов и специфических сурфактант-ассоциированных белков.
- Основное свойство - способность снижать поверхностное натяжение на границе между альвеолярным эпителием и воздухом в альвеолярном пространстве.
- Главный фосфолипид – дипальмитоилфосфатидилхолин (ДПНХ).



# Защитные функции дыхательных путей

- -согревание 1-2 градуса;
- -увлажнение через слизистые выделяется до 500 мл воды;
- -очищение в процессе турбулентного движения в носоглотки;
- защитные реакции –кашель, чихание и др.

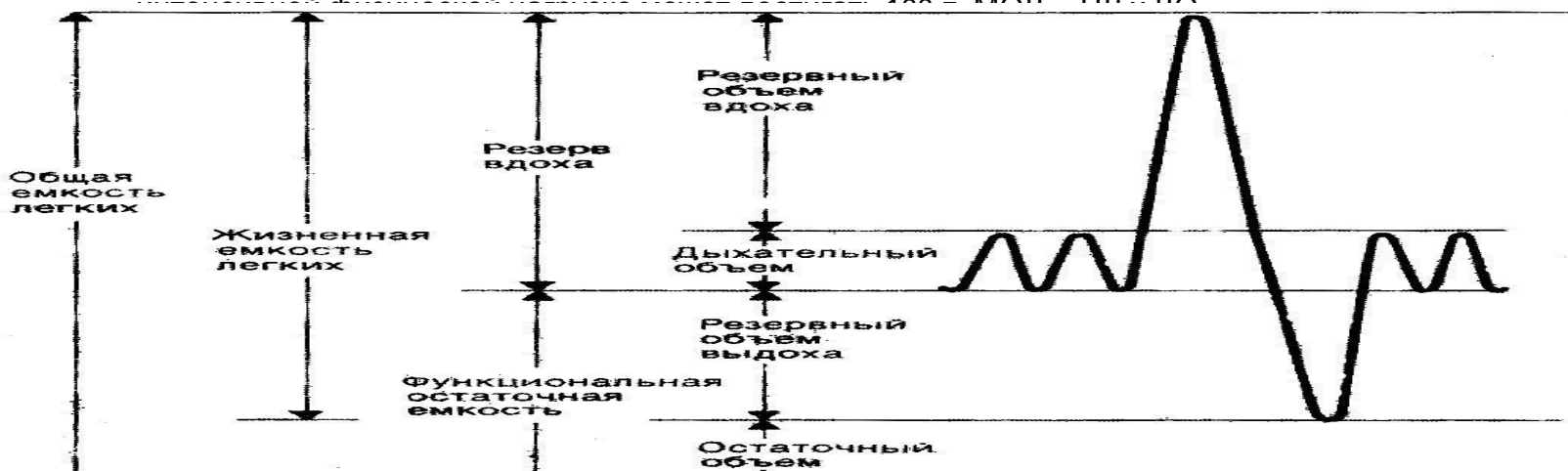
- **Вентиляция легких. Объемы и емкости.** Вентиляция легких – газообмен между атмосферным воздухом и легкими.

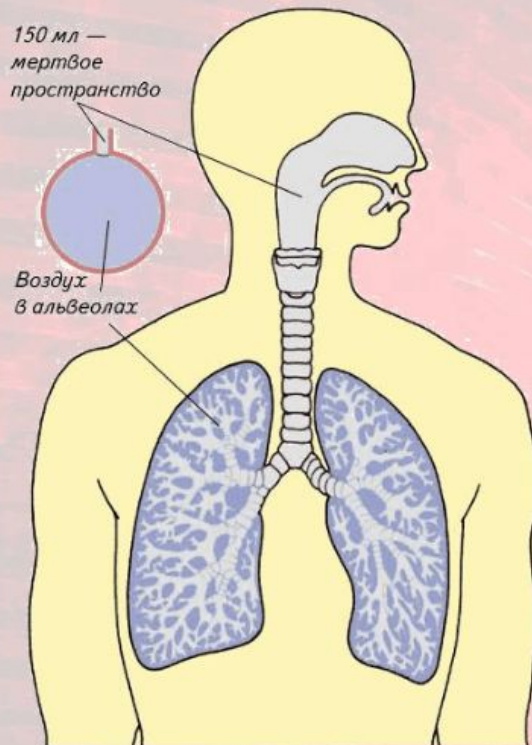
### Легочные объемы.

- Дыхательный объем – объем воздуха, который человек вдыхает и выдыхает при спокойном дыхании - 500 – 800 мл.
- Резервный объем вдоха – максимальный объем воздуха, который человек может вдохнуть после спокойного вдоха около 3000 мл.
- Резервный объем выдоха - максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть после спокойного выдоха около 1300 мл.
- Остаточный объем – объем воздуха, остающийся в легких после максимального выдоха
- Объем альвеолярной вентиляции: (ОАВ) – объем воздуха, который достигает альвеол и участвует в газообмене.  $OAB = ЧД \times (ДО - МП)$  или  $OAB = МОД - (МП \times ЧД)$ , МП – МЕРТВОЕ ПРОСТРАНСТВО – объем воздуха в воздухоносных путях который не участвует в газообмене.

### Емкости легких.

- Жизненная емкость легких – наибольший объем воздуха, который можно выдохнуть после максимального вдоха.
- Функциональная остаточная емкость – количество воздуха, остающееся в легких после спокойного выдоха равна сумме остаточного объема и резервного объема выдоха
- Общая емкость легких – объем воздуха, содержащийся в легких на высоте максимального вдоха.  $ООЛ = ЖЕЛ + ОО$ .
- Минутный объем воздуха – объем воздуха, проходящие через легкие за 1 минуту. В покое 6- 8 л, при

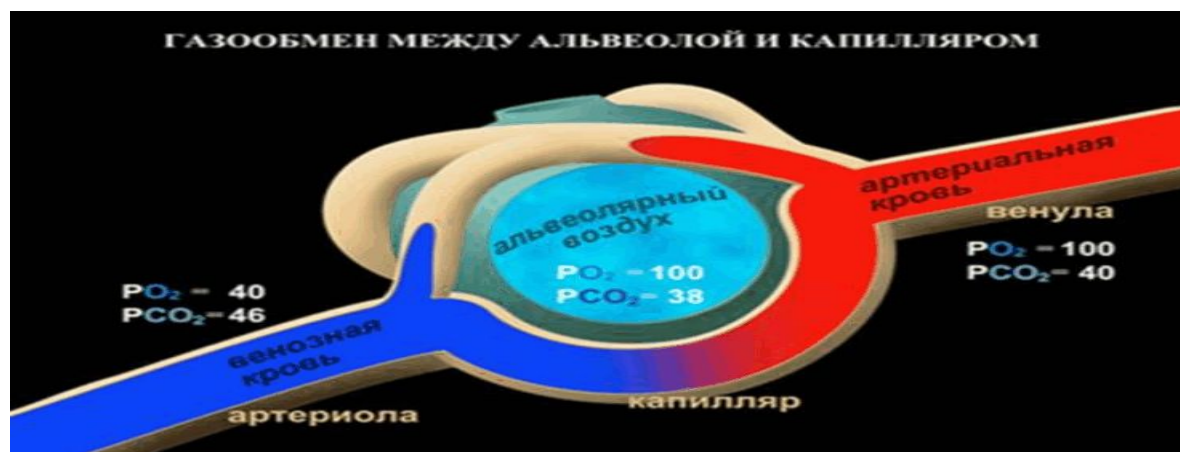




**Мертвое пространство** образовано теми областями органов дыхания, где нет газообмена с кровью. В норме это внелёгочные дыхательные пути и большинство бронхов. Объем заключенного в них воздуха - около 150 мл, что составляет 30% дыхательного объема при спокойном дыхании.

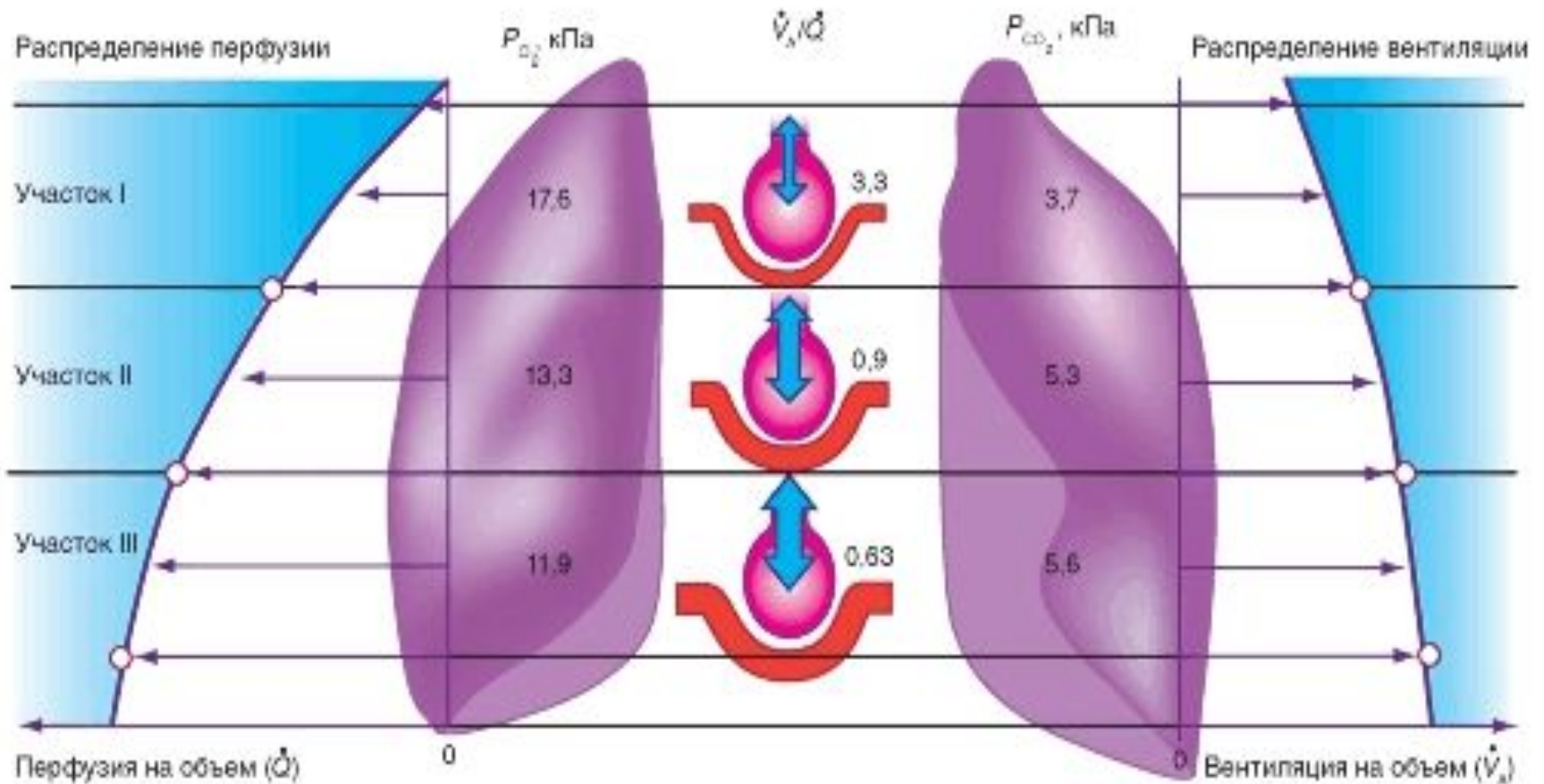
Таким образом, в обычных условиях почти треть вдыхаемого воздуха не участвует в газообмене.

## 2 этап –газообмен между альвеолярным воздухом и кровью



Непрерывная вентиляция альвеол с целью поддержания постоянства состава альвеолярного воздуха, диффузией газов через альвеолярно-капиллярный барьер, перфузией кровью капилляров легких в соответствии с их вентиляцией. Определяющим является величины парциального давления и напряжения газов в альвеолярном воздухе, артериальной и венозной части легочного капилляра, определяющим диффузию. Локальный кровоток и вентиляция взаимосвязаны, в участках пониженным кровотоком –уменьшается просвет бронхиол и снижение вентиляции кровотоков снижен в результате уменьшения просвета сосуда, вызванного гипоксией и гиперкапнией.

Вертикальный градиент легочной перфузии выражен  
 чем вертикальный градиент легочной вентиляции –  
 вентиляционно-перфузионное отношение.



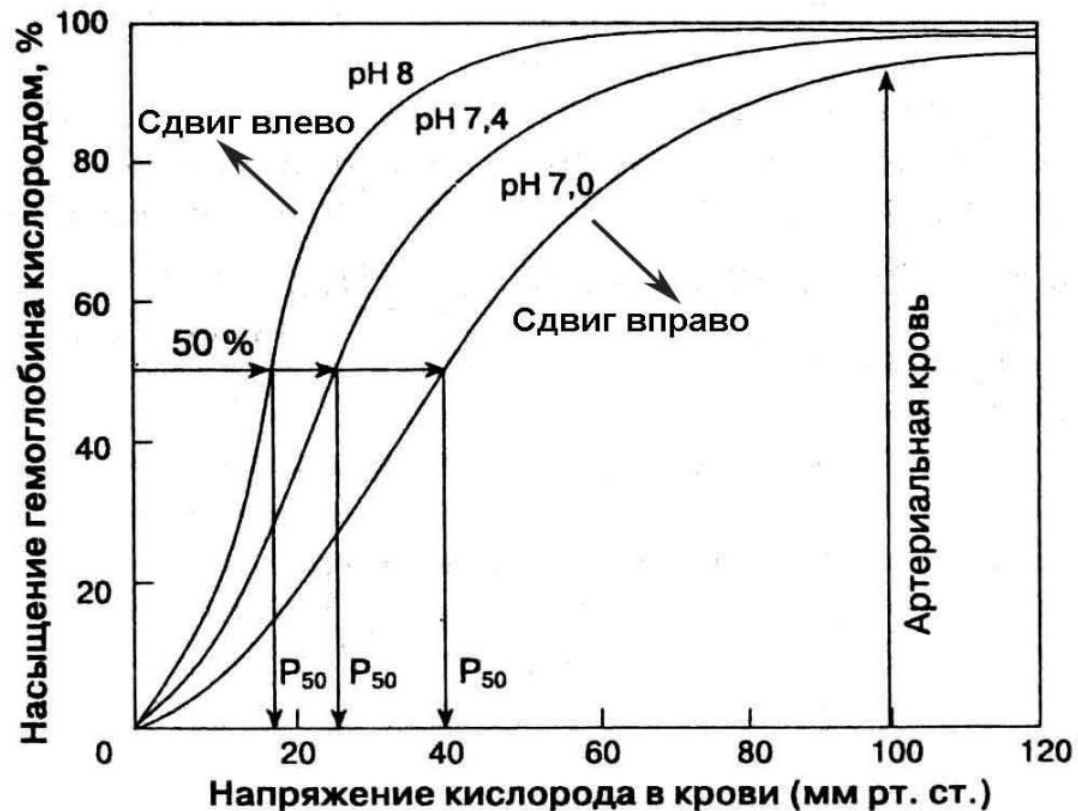


# Закон Генри

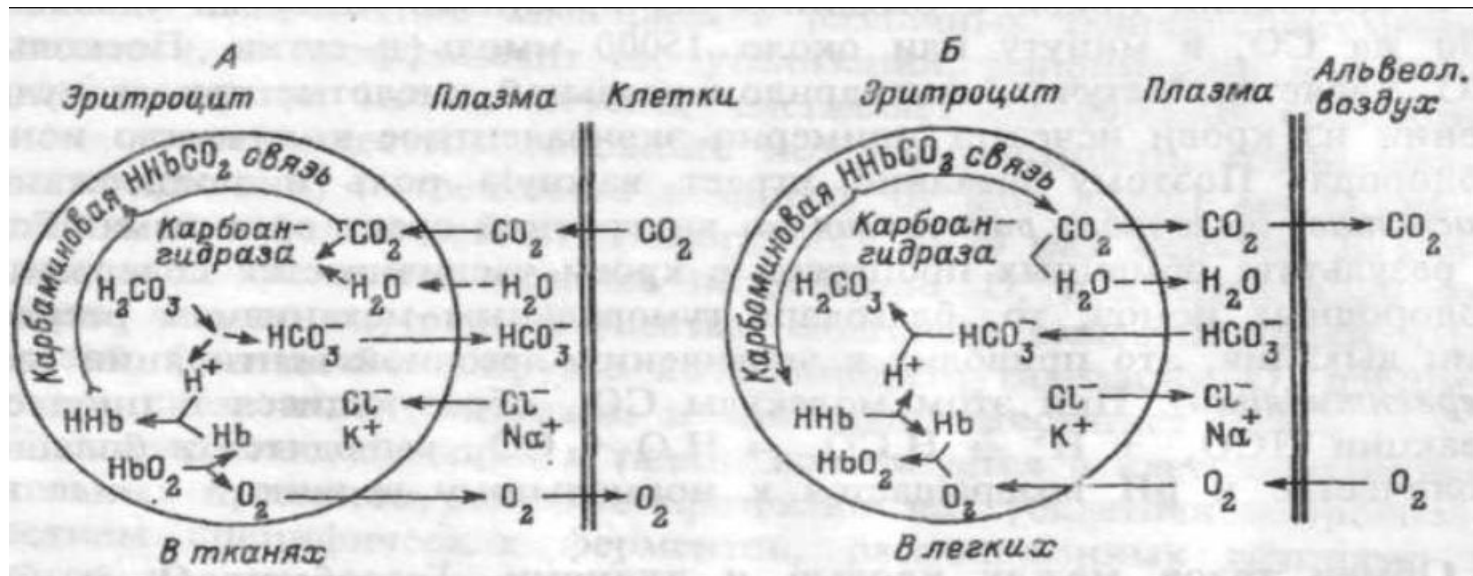
- Количество газа физически растворенного в жидкости, пропорционально парциальному давлению этого газа над жидкостью, температуре и объему жидкости. Это создает напряжение газа в жидкости. В артериальной крови кислород-0,3об.% (0,3 см<sup>3</sup> на 100 см<sup>3</sup> крови), углекислого газа 3,0 об.%
- на распределение крови в легком влияет гравитационный фактор- уровень легочного кровотока убывает в направлении сверху-вниз, меньше всего кровоснабжаются верхушки легких.

# 3-этап – транспорт газов кровью.

- Транспорт кислорода: в форме простого физического растворения; связанного с гемоглобином 1 г гемоглобина переносит 1,36см<sup>3</sup> кислорода –кислородная емкость гемоглобина. Кислородная емкость крови- 100 мл крови переносит 18-20мл кислорода, 1л-180-200 мл. кривая диссоциации оксигемоглобина



- Транспорт углекислоты –переносится в форме простого физического растворения в плазме крови (3 об.%) и в форме химических соединений в плазме крови – с бикарбонатами  $\text{KHCO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$  (50об.%), в эритроцитах –с гемоглобином (карбгемоглобина) (5об.%) и с бикарбонатом калия. В клетках и тканях наибольшее содержание углекислого газа 60 мм рт.ст., а в притекающей артериальной крови 40 мм рт.ст., поэтому градиент углекислого газа движется от тканей к капиллярам. И в венозной системе составляет 46-48 мм рт. ст., часть растворяется в плазме и из плазмы венозной крови проникает в эритроциты соединяется с водой, образуя нестойкую угольную кислоту, процесс катализируется ферментом карбоангидразой (в плазме отсутствует, есть в эритроцитах) – эритроциты в 3 раза больше переносят  $\text{CO}_2$ , чем плазма. Оксигемоглобин соединенный с ионом калия при высоких концентрациях  $\text{CO}_2$ , легко отдает  $\text{O}_2$  тканям –эффект Холдейна, соединяется с угольной кислотой превращается в гемоглобиновую кислоту.
- Эффект Бора- гемоглобиновая кислота соединяется с  $\text{CO}_2$  образуя карбогемоглобин, переносит 15%  $\text{CO}_2$ , освобожденные ионы калия связываются с ионами гидрокарбоната, образуя бикарбонат калия. Ионы  $\text{HCO}_3^-$  поступают в плазму и соединяются с натрием образуя  $\text{NaHCO}_3$ . Выход  $\text{HCO}_3^-$  компенсируется поступлением в эритроциты ионов  $\text{Cl}^-$ . Повышение концентрации кислорода в легком облегчает освобождение углекислоты из химически связанного состояния. Поступление кислорода в ткани способствует увеличению связывания углекислоты кровью. В легочных капиллярах процесс идет наоборот – часть  $\text{CO}_2$  диффундирует в альвеолярный газ, способствует низкое, чем в плазме давление углекислого газа в альвеолах, усиление кислотных свойств гемоглобина при его оксигенации.

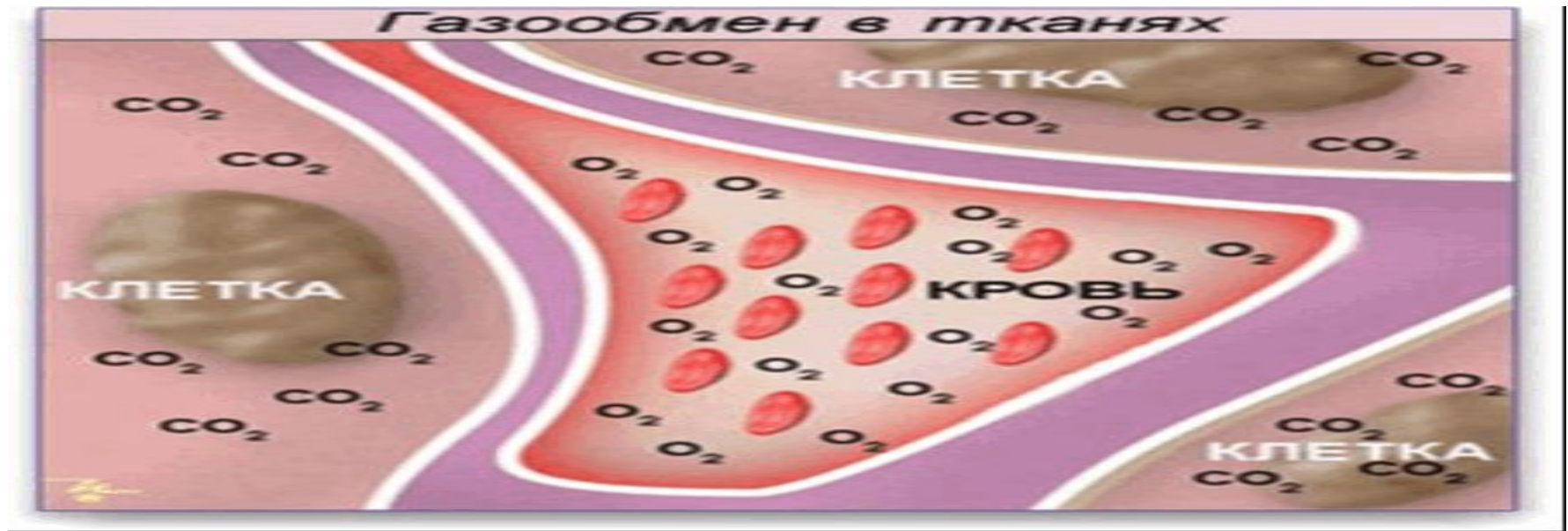


# Кривая диссоциации CO<sub>2</sub> в крови

- Определяется величиной ее парциального напряжения.

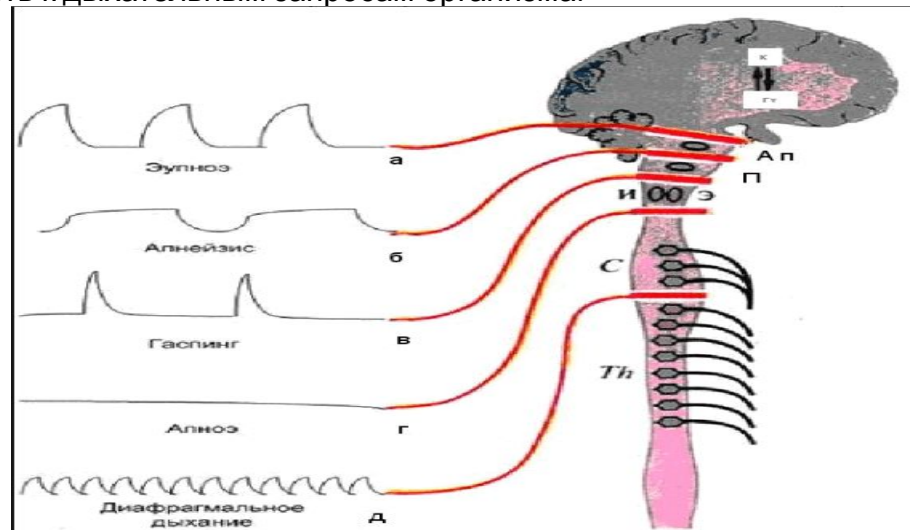
# 4-этап газообмен между кровью и клетками

- $P_{CO_2}$  в тканях равно 60 мм рт.ст,  $p_{O_2} = 0$ , способствуют продукты метаболизма  $CO_2$  и молочная кислота. Кислород отдаваемый тканям – коэффициент утилизации кислорода ( $t$ , дополнительные капилляры) в покое =40% при работе 60%. Кратковременные депо обеспечивающие аэробные метаболические процессы в ритмически сокращающемся миокарде –миоглобине имеющем выше сродство к кислороду чем у гемоглобина.



# Структура дыхательного центра

- Эксперимент Ламсдена (1924) на животных.
- Показано, что дыхательный центр охватывает практически все отделы головного мозга. Ритмическое дыхание хорошо осуществляется даже у бульбарных животных. Нейроны контролирующие дыхательные движения расположены в *nucleus tractus solitarius* и *nucleus retroambiguus*. При перерезке спинного мозга на уровне верхних шейных сегментов дыхание прекращается. При перерезках по верхнему краю продолговатого мозга дыхание становится ритмическим, но судорожным. В продолговатом мозге находятся *инспираторный и экспираторный компоненты* дыхательного центра. При перерезках по верхнему краю варолиева моста дыхание ритмично, с длинными паузами и задерживается на выдохе. Здесь располагается так называемый *апноэтический дыхательный центр*. При перерезках по верхнему краю среднего мозга дыхание регулярное, плавное. Здесь располагается так называемый *пневмотаксический центр*, направляющий дыхание. Гипоталамус и ретикулярная формация определяют участие дыхания в эмоциональных и вегетативных реакциях, а мозжечок приурочивает дыхание к движениям. Кора головного мозга, особенно ее префронтальные отделы, регулирует дыхание в соответствии с поведенческой деятельностью субъектов, при реакциях различной биологической и социальной значимости. Установлено, что чем выше расположен соответствующий отдел дыхательного центра, тем сложнее проследить его связь с внешним дыханием. Во-вторых, выше расположенный отдел влияет на нижерасположенный, обеспечивая его гибкость и приспособляемость к дыхательным запросам организма.



# спирография



# Спектр-спиро

