

# Регуляция дыхания

Это приспособление внешнего дыхания к потребностям организма.

- Регуляция дыхания, т. е. его приспособление
- к потребностям организма осуществляется
- путем изменения следующих показателей:
- ДО, ЧД, МОД, МАВ, МОК, КЕК.  
КУК

<b>состояние</b>	<b>ДО</b>	<b>ЧД</b>	<b>МОД</b>	<b>МАВ</b>	<b>МОК</b>	<b>КЕК</b>	<b>КУК</b>
<b>покой</b>	<b>300 – 800мл</b>	<b>16 – 18</b>	<b>15л.</b>	<b>4 – 8л</b>	<b>4,5 – 5л</b>	<b>17 об%</b>	<b>40%</b>
<b>максимум</b>	<b>2 – 3л</b>	<b>50</b>	<b>170л</b>	<b>35л</b>	<b>30л</b>	<b>20 об%</b>	<b>60%</b>

- Регуляция дыхания осуществляется с участием дыхательного центра.

# Дыхательный центр (ДЦ).

- Это совокупность нейронов,
- обеспечивающих координацию деятельности дыхательной мускулатуры
- и приспособление деятельности дыхательной системы
- к изменившимся условиям.

# ДЦ располагается в различных отделах ЦНС

- в бульбарном отделе;
- в варолиевом мосту,
- в спинном мозге,
- в лимбико-ретикулярном комплексе,
- в коре.

Роль различных отделов в  
регуляции дыхания.

# Продолговатый мозг

Здесь находится  
жизненноважный отдел  
дыхательного центра.



# Продолговатый мозг

**Инспираторный  
отдел**

**Экспираторный  
отдел**

**Дорсальное  
ядро**

**Вентральное  
ядро**

**Вентральное  
ядро**

**Аксоны  
направляются  
в 3-6 шейные  
сегменты к  
мотонейронам  
диафрагмы**

**Аксоны связаны  
с мотонейронами  
межреберных (Th4-10)  
и брюшных мышц  
(Th8- L4)**

- Большинство экспираторных нейронов являются инспираторнотормозящими.
- Часть нейронов посылает импульсы к мотонейронам экспираторных мышц.

# Функции инспираторных нейронов

- 1. Воспринимают сигналы от хеморецепторов;
- 2. Возбуждаются
- 3. Передают сигналы к инспираторным мышцам

# Функции экспираторных нейронов.

- 1) Воспринимают сигналы
- от механорецепторов легких,
- от проприорецепторов дыхательных мышц.
- 2) Тормозят инспираторные нейроны, обеспечивая смену вдоха на выдох.

# Варолиев мост

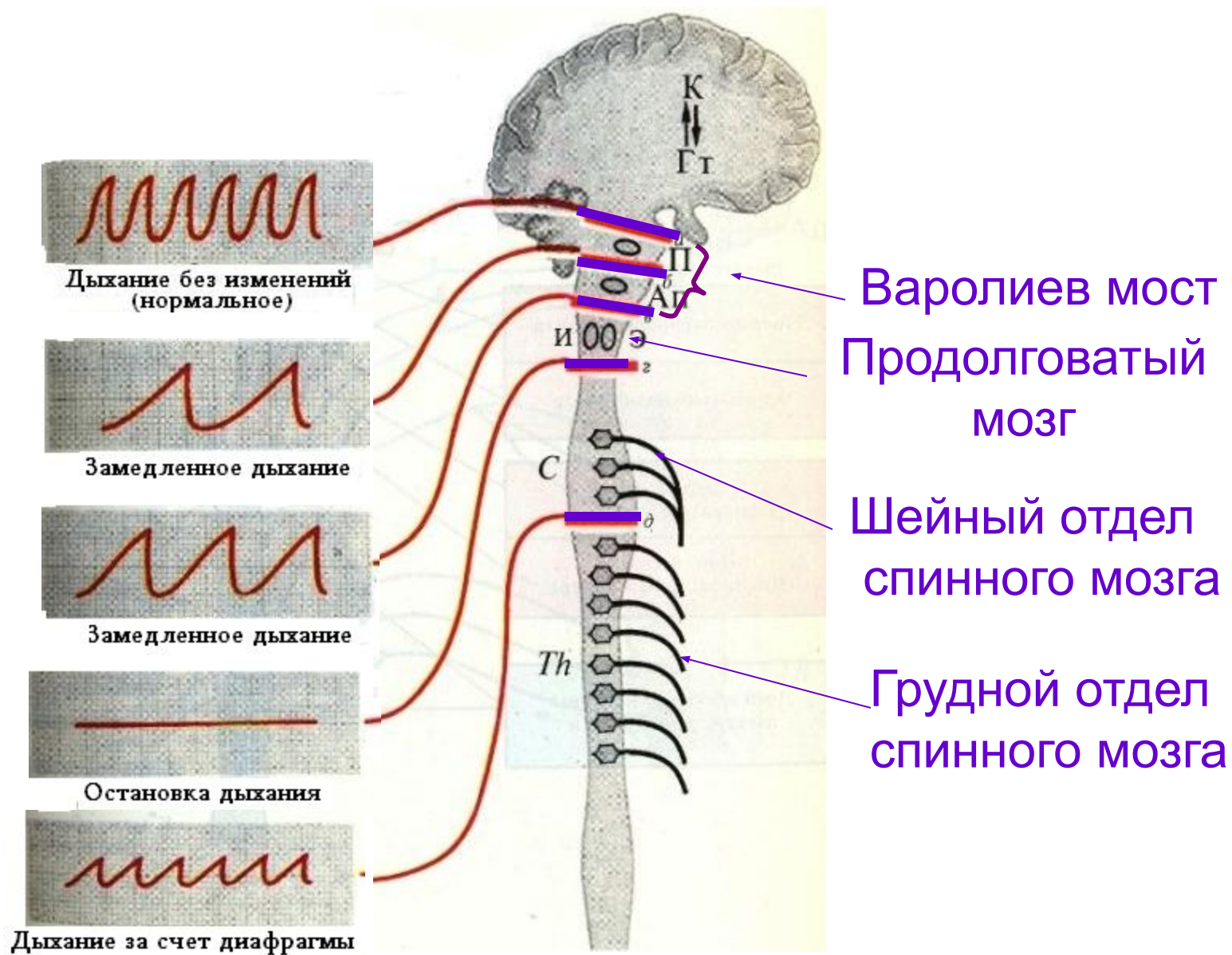
- В передней части находятся нейроны, обладающие тонической активностью.
- Они образуют **пневмотаксический центр**.
- Его роль:
- 1. Обеспечивает смену дыхательных фаз (вдох на выдох).

- 2. Увеличивает скорость развития вдоха;
- 3. Повышает возбудимость нейронов, выключающих вдох.
- Нарушение связи пневмотаксического центра с дыхательным центром продолговатого мозга
- приводит к длительным вдохам и коротким выдохам

# Роль спинного мозга:

- 1) В 3 – 6 шейных сегментах находятся мотонейроны, иннервирующие диафрагму.
- 2) В грудных и поясничных сегментах (Th4- L4)
- находятся мотонейроны, иннервирующие межреберные мышцы и мышцы живота.

# Влияние на дыхание перерезок ЦНС на различных уровнях





# Гипоталамус:

- 1) Обеспечивает автоматизированное управление дыханием через АНС и ЖВС при поступлении сигналов:
  - - с интерорецепторов;
  - - с проприорецепторов;
  - - с терморецепторов
- Например, тепловая одышка - растет ЧД и отдача тепла.

# Лимбическая система:

- **изменяет дыхание при поведенческих реакциях.**

# Кора БП:

- 1) тормозит ДЦ;
- 2) обеспечивает условные рефлексы;
- 3) обеспечивает произвольную регуляцию дыхания.

# Роль рецепторов в регуляции дыхания

- Для нормальной работы дыхательных нейронов,
- правильного чередования вдоха – выдоха необходима импульсация:
- 1) с хеморецепторов центральных и периферических;

- 2) с механорецепторов:
- а) воздухоносных путей
- ( ирритантных);
- б) с рецепторов растяжения легких.
- 3) с проприорецепторов дыхательных мышц.

# Рефлексы с хемотрецепторов.

- Активность центра вдоха зависит от содержания в крови
- $\text{CO}_2$  (гиперкапнический стимул),
- $\text{H}^+$  (ацидотический стимул).
- В меньшей степени от содержания
- $\text{O}_2$  (гипоксический стимул).

- **Эти факторы, воздействуя на центральные и периферические хеморецепторы, усиливают деятельность дыхательного центра,**



# Характеристика хемотрецепторов

- Периферические или артериальные – в дуге аорты и каротидных синусах.
- Латентный период возбуждения 3 – 5с.

- Аортальные возбуждаются при снижении  $PO_2$  до 80 – 20 мм рт. ст. на гипоксический стимул.
- Вызывают учащение сердцебиений и повышение МОК.

- Каротидные ХР возбуждаются при избытке  $\text{CO}_2$  (на гиперкапнический стимул и  $\text{H}^+$  (ацидотический стимул)).
- Обеспечивают увеличение частоты дыхания, ДО и повышение МАВ.

Таким образом,  
возбуждение  
периферических  
хеморецепторов  
обеспечивает  
реакции ССС и ДС.

# Центральные (медуллярные) хемотрецепторы

- Обнаружены в продолговатом мозге.
- Реагируют на  $H^+$  и концентрацию  $CO_2$  во внеклеточной жидкости.
- Возбуждаются позже периферических.

- Оказывают более сильное и длительное влияние на ДЦ,
- чем периферические.
- $\uparrow\text{CO}_2$ ,  $\text{H}^+$  увеличивают легочную вентиляцию за счет увеличения ЧД и ДО.

# Рефлексы с механорецепторов.

- Механорецепторы в регуляции деятельности дыхательной системы выполняют 2 функции:
- 1) регулируют глубину и длительность вдоха, смену его выдохом;
- 2) обеспечивают защитные дыхательные рефлексы.

# Роль рецепторов растяжения легких.



- Они локализованы в гладкомышечном слое стенок трахеобронхиального дерева.
- Возбуждаются при растяжении дыхательных путей и легких при вдохе.

- Аfferentные сигналы идут по волокнам блуждающего нерва.
- Итог возбуждения – торможение вдоха и его смена выдохом
- (рефлекс Геринга – Брейера).

- Выключение информации с рецепторов растяжения
- приводит к углубленным, затянутым вдохам,
- как и при нарушении связей с пневмотаксическим центром.

- Если прекратить связь ДЦ продолговатого мозга
- с рецепторами растяжения и ПТЦ,
- то дыхание останавливается на вдохе,
- иногда прерываясь короткими экспирациями – (апнейзис).

# Ирритантные рецепторы

- Различают механо и хемочувствительные.
- Расположены в эпителиальном и субэпителиальном слоях воздухоносных путей.

- Ирритантные рецепторы возбуждаются:
- 1) при резком изменении объема легких.
- Участвуют в формировании рефлекса на спадание бронхов – бронхокострикцию;

- 2) при неравномерной вентиляции легких
- обеспечивает «вздохи» 3 раза в час
- для улучшения вентиляции и расправления легких;

- 3) При снижении растяжимости легочной ткани (при бронхиальной астме),
- отеке легких, пневмотораксе,
- застое крови в малом круге кровообращения,



- При этом возникает характерная одышка и чувство жжения, першения в горле.

- 4) Пылевыми частицами и накапливающейся слизью.
- Обеспечивают защитные рефлексy.

- Если возбуждены ирритантные рецепторы трахеи, то возникает кашель;
- бронхов - увеличивается частота дыхания.

- 5) при действии паров едких веществ (аммиак, эфир, табачный дым и т. д.).
- 6) В интерстиции легких есть J – рецепторы.
- Реагируют на гистамин, простагландин.
- В ответ частое, поверхностное дыхание (тахипное).

Рефлексы с  
проприорецепторов  
дыхательных мышц.

- В диафрагме их мало.
- Значение имеют проприорецепторы межреберных и вспомогательных дыхательных мышц.

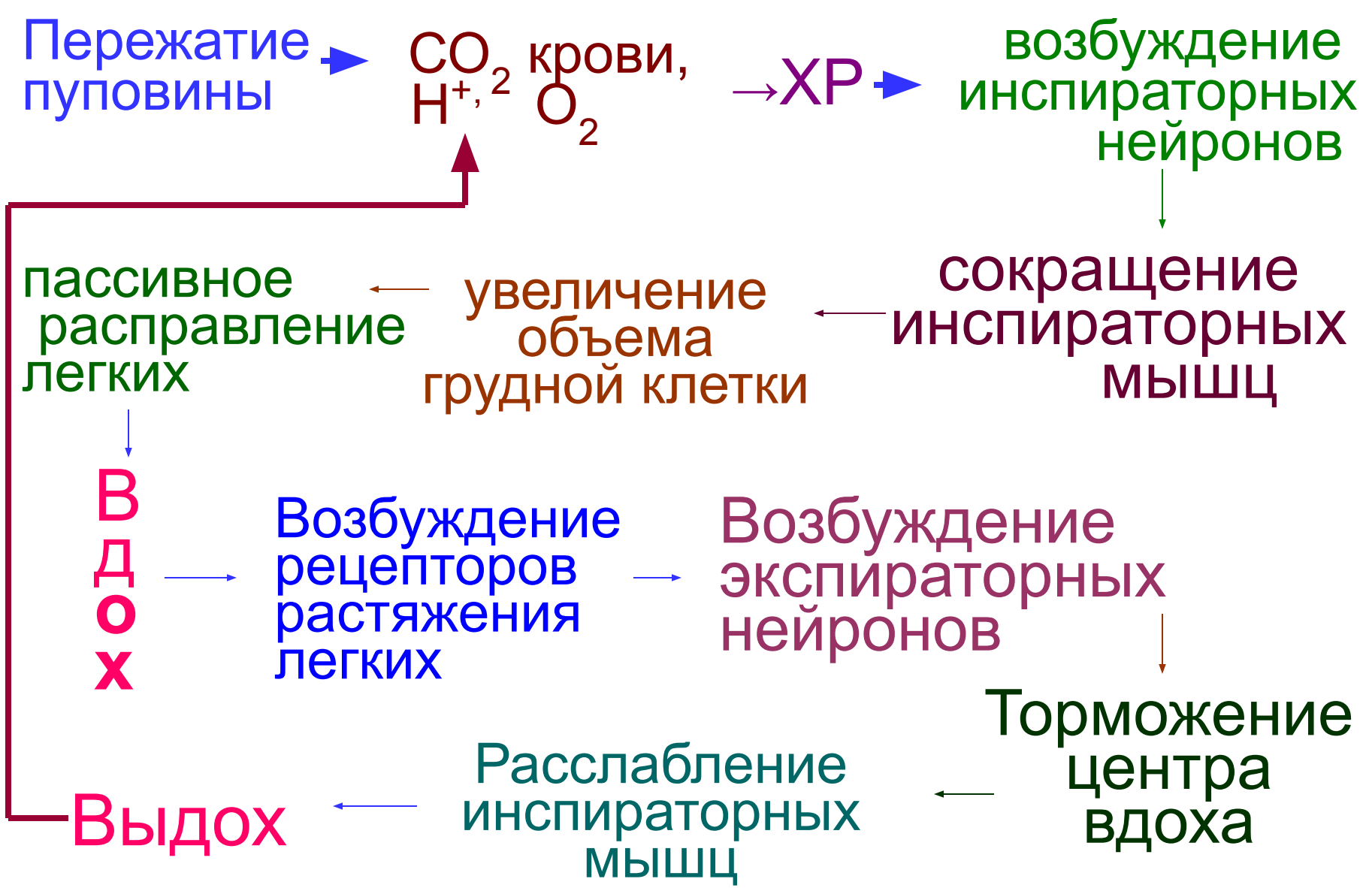
- 1) Возбуждаются если вдох или выдох затруднен, мышцы растянуты.
- В результате возникает сокращение мышцы (миотатический рефлекс).

- Так автоматически регулируется сила сокращения дыхательных мышц
- при сужении бронхов, набухании слизистой спазме голосовой щели, дыхательных путей.



- 2) Проприорецепторы дыхательных мышц возбуждаются при возбуждении  $\gamma$  – мотонейрона.
- Например при произвольной регуляции дыхания.

# **Схема смены дыхательных фаз.**



Пережатие пуповины

$\text{CO}_2$  крови,  
 $\text{H}^+$ ,  $2 \text{O}_2$

→ ХР →

возбуждение инспираторных нейронов

сокращение инспираторных мышц

пассивное расправление легких

увеличение объема грудной клетки

В  
Д  
О  
Х

Возбуждение рецепторов растяжения легких

Возбуждение экспираторных нейронов

Торможение центра вдоха

Выдох

Расслабление инспираторных мышц

# Функциональная система дыхания.

- Системообразующий фактор -  $\downarrow PO_2$  и  $\uparrow PCO_2$ .
- Удовлетворение запроса по кислороду обеспечивается автоматически и через поведение.

Автоматизированное управление уровнем  $O_2$  осуществляется путем:

- 1) изменения альвеолярной вентиляции за счет ДО и ЧД;
- 2) изменения газообмена между кровью и легкими – за счет увеличения кровотока через легкие;
- 3) изменения КЕК – перераспределение крови между депо и сосудами;

- 4) путем изменения условий для диффузии газов в тканях
- за счет изменения АД,
- а оно зависит от ЧСС, СВ и тонуса сосудов;

- 5) путем изменения доставки  $O_2$  в МЦР
- (перераспределение крови в работающие регионы и открытия там новых капилляров);
- 6) путем изменения КУК, который повышается при  $\uparrow PCO_2$ ,  $H^+$ ,  $T^\circ$ .

# Функциональная система поддержания газового состава крови





# Дыхание при деятельности.

- 1) Умственная работа.
- Если она не сопровождается мышечной и эмоциональной активностью,
- дыхание возрастает незначительно.

- Сопровождение умственной работы двигательной активностью, эмоциями
- увеличивает МОД на 10 - 90%.

- Во время разговора, чтения вслух МОД может снижаться на 25%.

# Физическая работа.

- Потребность в кислороде обеспечивается:
  - 1) ДС;
  - 2) ССС.
- Возрастание МОД при физической нагрузке может иметь 2 компонента:
  - 1) условнорефлекторный;
  - 2) безусловнорефлекторный.

# I. Условнорефлекторное увеличение МОД

- Происходит с участием коры.
- Носит опережающий характер.
- Запускается нервным путем.
- Пример – предстартовые изменения дыхания.

## II. Безусловнорефлекторное увеличение МОД

Запускается нервным и  
гуморальным путем.

# Нервный путь.

- 1) Сигнал с коры, вызывая произвольные движения,
- одновременно активизирует и дыхательный центр (прямо или через гипоталамус).

- 2) С проприорецепторов мышц – пример моторно-висцерального рефлекса.
- 3) С терморецепторов → гипоталамус ↑ ЧД.



## Гуморальный путь.

- Во время работы растет потребление тканями  $O_2$ , выделение  $CO_2$  и метаболитов (молочной кислоты).
- Эти факторы воспринимаются артериальными хеморецепторами, в итоге →  $\uparrow$ ЧД и ЧСС.

- Кроме того, растет чувствительность ДЦ к гипоксии и гиперкапнии - ↑ЧД.

- После прекращения работы интенсивность дыхания снижается,
- но не достигает нормы, т. к.
- из крови медленно удаляется молочная кислота
- – ацидотический стимул для ДЦ.

Дыхание при изменении  
атмосферного давления.

# 1) При снижении атмосферного давления

- (подъем на высоту: альпинисты, парашютисты, разгерметизация кабин летательных аппаратов).
- При этом понижается парциальное давление кислорода.
- Это начинает ощущаться с высоты 2,5 – 4км над уровнем моря.

# Гипоксия воспринимается хеморецепторами артерий.

- С дуги аорты увеличивается ЧСС и повышается АД
- С каротидных → увеличение вентиляции легких.
- Но повышение вентиляции легких вымывает из крови  $\text{CO}_2$  — гипокапния, снижается стимуляция центра вдоха.

- Начиная с высоты 4 – 5км начинается «горная болезнь».
- Вследствие прекращения стимуляции центра вдоха
- частота и глубина дыхания снижается,
- развивается цианоз, ЧСС падает, АД снижается.

- На высоте 7км может наступать потеря сознания и опасные нарушения дыхания и кровообращения.
- На высоте 11 – 12км требуется специальная дыхательная аппаратура, а при полетах в стратосферу – герметичные кабины.



- Устойчивость к гипоксии различна в зависимости от тренировки.

# Акклиматизация к понижению давления выражается:

- 1) в эритроцитозе и повышении КЕК;
- 2) в увеличении объема грудной клетки;
- 3) в появлении гемоглобина НвF;
- 4) в повышении плотности капилляров в тканях;

- 5) в повышении устойчивости к гипоксии;
- 6) в ускоренном распаде оксигемоглобина за счет повышения активности 2,3-дифосфоглицерата.

# Дыхание при повышенном атмосферном давлении

- ( при водолазных работах и работах в барокамерах).
- При погружении под воду на 10м на тело действует давление 10 атмосфер.
- Дышать можно, если воздух подается под соответствующим более высоким давлением.
- При этом увеличивается растворимость газов.

- Увеличение кислорода в крови приводит к «кислородному отравлению»,
- поэтому ограничено время пребывания под водой.
- Азот в дыхательных смесях заменяется на гелий, он почти не растворим при высоком давлении.

- Важным условием декомпрессии – постепенность,
- т. к. при быстрой декомпрессии кровь «закипает»,
- растворенный газ не успевает диффундировать в легкие и закупоривает сосуды (газовая эмболия).

# Дыхание при изменении состава газовой смеси.

- 1) Понижение содержания  $O_2$ .
- Возникает реакция как при понижении атмосферного давления
- с развитием всех адаптационных механизмов.



## 2) Повышение содержания $\text{CO}_2$

- Срочная адаптация осуществляется за счет увеличения ДО,
- длительная – за счет увеличения буферной емкости крови и снижения чувствительности хеморецепторов к  $\text{CO}_2$ .

### 3) Повышение содержания $O_2$ – гипероксия

- Даже при обычном атмосферном давлении через 12 – 15 часов кислород вызывает раздражение слизистых воздухоносных путей,
- нарушение функции сурфактанта,
- даже воспаление легких.

# Оценка функционального состояния дыхательной системы.

- 1) По легочным объемам и емкостям – спирометрия.
- 2) По коэффициенту вентиляции легких.
- 3) Чувствительность дыхательного центра к гипоксии оценивают по функциональной пробе на выдохе (проба Генча).
- К избытку  $\text{CO}_2$  - проба на вдохе (проба Штанге).

# **Защитные реакции дыхательной системы.**

# 1) Ауторегуляторные:

- а) реснично-слизистый эскалатор;
- Мерцательный эпителий покрыт слизью.
- Движения эпителия - от бронхиол к глотке и от носовых ходов к наружным носовым отверстиям
- (удаляется пыль, микробы, остатки клеток).

## б) ЭНДОЦИТОЗ;

- Основной механизм очистки ткани легких. Клетки фагоцитируют частицы или переносят в интерстиций и отдают фагоцитам.
- в) лимфатический дренаж;
- Лимфа транспортирует инородные тела и разрушает их в лимфатических узлах.

# Рефлекторные:

- 1) предохранение от попадания;
- 2) изгнание.
- а) раздражение рецепторов слизистой гортани → сокращение сфинктеров гортани и спазм голосовой щели;



- б) Чихание → раздражение слизистой носа → форсированный выдох после открытия голосовой щели через нос.
- Кашель → раздражение рецепторов гортани, воздухоносных путей → форсированный выдох через рот.