

План

1. Транспорт газов (CO_2 , O_2) кровью.
2. Кривая диссоциации оксигемоглобина.
3. Содержание газов в артериальной и венозной крови.
4. Газообмен между кровью и тканями.
5. Регуляция дыхания.
6. Рефлекторные механизмы регуляции дыхания.
7. Дыхательный центр.
8. Дыхание при физической работе.
9. Дыхание при повышенном атмосферном давлении.
10. Дыхание при пониженном атмосферном давлении.

1. Транспорт газов кровью

Транспорт O_2 . Кровь ежедневно переносит из лёгких в ткани около 600 л O_2 . Основной объём O_2 транспортирует HbO_2 (O_2 обратимо ассоциирован с Fe^{2+} гема, это так называемый химически связанный O_2 [неверный по существу, но — к сожалению — устоявшийся термин]). Незначительная часть O_2 растворена в крови (физически растворённый O_2). Содержание O_2 в крови в зависимости от парциального давления O_2 (pO_2).

1. Транспорт газов кровью

Физически растворённый в крови газ.

Согласно закону Генри, количество растворённого в крови O_2 пропорционально pO_2 (парциальному давлению O_2) и коэффициенту растворимости O_2 . Физическая растворимость O_2 в крови примерно в 20 раз меньше, чем растворимость CO_2 , но для обоих газов незначительна. В то же время физически растворённый в крови газ — необходимый этап транспорта любого газа (например, при перемещении O_2 в эритроцит из полости альвеол).

1. Транспорт газов кровью

Кислородная ёмкость крови — максимальное возможное количество связанного с Hb O_2 — теоретически составляет 0,062 ммоль O_2 (1,39 мл O_2) на 1 г Hb (реальное значение несколько меньше — 1,34 мл O_2 на 1 г Hb). Измеренные же значения составляют для мужчин 9,4 ммоль/л (210 мл O_2 /л), для женщин — 8,7 ммоль/л (195 мл O_2 /л).

1. Транспорт газов кровью

Насыщение (сатурация, S) **Hb O₂** (S_{O_2}) зависит от парциального давления кислорода (pO_2) и фактически отражает содержание оксигенированного Hb (HbO₂). S_{O_2} может принимать значения от 0 (HbO₂ нет) до 1 (нет HbH). При половинном насыщении ($S_{0,5}$) pO_2 равно 3,6 кПа (27 мм рт.ст.), при $S_{0,75}$ — 5,4 кПа, при $S_{0,98}$ 13,3 кПа.

1. Транспорт газов кровью

Другими словами зависимость между S_{O_2} и pO_2 не является линейной (характерная S-образная кривая), что благоприятствует как связыванию O_2 в лёгких (артериальная кровь) и транспорту O_2 , так и освобождению O_2 в кровеносных капиллярах органов и тканей, так как насыщение артериальной крови кислородом ($S_A O_2$) составляет примерно 97,5 %, а венозной крови ($S_V O_2$) — 75 %.

1. Транспорт газов кровью

Характер насыщения таков, что кривая существенно уплощается при pO_2 около 70 мм рт. ст. Так, при pO_2 ниже 60 рт.ст. кислород хорошо связывается с Hb, но уже при pO_2 60 мм рт. ст. насыщение составляет 90 %, и дальнейшее увеличение pO_2 относительно слабо сказывается на насыщении (увеличение pO_2 от 60 до 100 мм рт. ст. увеличивает насыщение всего на 7 %).

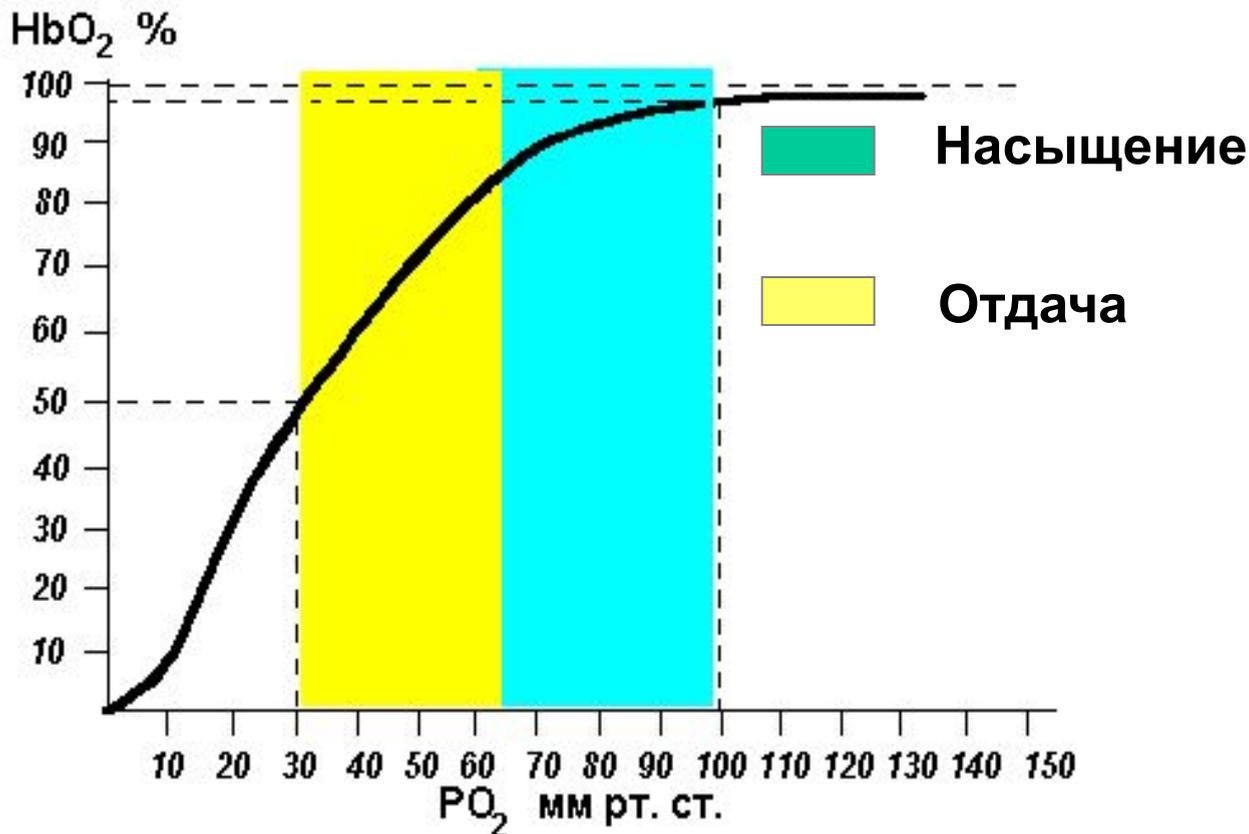
1. Транспорт газов кровью

Другими словами, в этом диапазоне pO_2 насыщение O_2 благоприятно для обеспечения его транспорта. Совершенно иная картина складывается при значениях pO_2 ниже 60 мм рт. ст., то есть при небольших изменениях pO_2 из Hb освобождается существенные количества O_2 , что облегчает его диффузию из крови в ткани.

2. Кривая диссоциации оксигемоглобина

Кривая диссоциации оксигемоглобина имеет сигмоидную форму (S-образную). Это указывает на то, что субъединицы Hb работают кооперативно: чем больше O_2 связывают (отдают) субъединицы, тем легче идёт ассоциация (диссоциация) последующих молекул O_2 . Из графика видно, что Hb (в отличие от миоглобина) имеет значительно меньшее сродство к O_2 – полунасыщение гемоглобина O_2 наступает при более высоком давлении O_2 (около 26 мм рт. ст.).

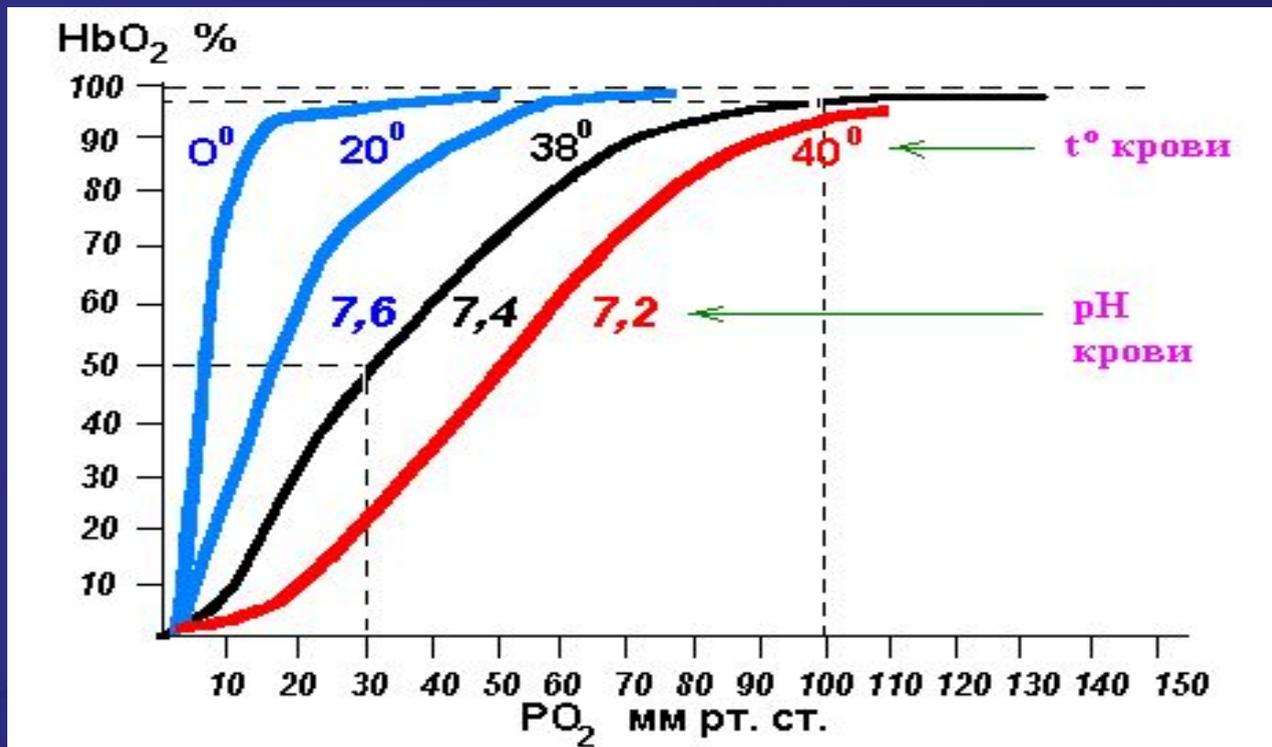
2. Кривая диссоциации оксигемоглобина



2. Кривая диссоциации оксигемоглобина

В капиллярах покоящихся мышц, где давление O_2 составляет около 40 мм рт. ст., большая часть кислорода возвращается в составе оксигемоглобина обратно в лёгкие. При физической работе pO_2 в мышечных капиллярах падает до 10–20 мм рт. ст. Именно в этой области (от 10 до 40 мм рт. ст.) располагается «крутая часть» S-образной кривой, где в наибольшей степени проявляется свойство кооперативной работы субъединиц.

2. Кривая диссоциации оксигемоглобина



Сдвиг влево - легче насыщение кислородом: $<t$; $<P_{CO_2}$; $>pH$
Сдвиг вправо - легче отдача кислорода: $>t$; $>P_{CO_2}$; $<pH$

3. Содержание газов в артериальной и венозной крови

Регуляция дыхания осуществляется при помощи гуморальных, рефлекторных механизмов и нервных импульсов, поступающих в дыхательный центр из вышележащих отделов ЦНС.

Гуморальная регуляция осуществляется за счёт изменения уровня дыхательных показателей (CO_2 , O_2 , H^+) в крови. Их избыток или недостаток оказывает опосредованное влияние на дыхательный центр. Специфическим регулятором активности нейронов дыхательного центра является **углекислый газ**.

4. Газообмен между кровью и тканями

Газообмен O_2 и CO_2 между кровью капилляров большого круга и клетками тканей осуществляется путём простой диффузии.

Перенос O_2 происходит из крови в ткани.

Перенос CO_2 происходит в обратном направлении происходит под действием концентрационного градиента этих газов между кровью в капиллярах и интерстициальной жидкостью.

4. Газообмен между кровью и тканями

Разность напряжения O_2 по обе стенки кровеносного капилляра, обеспечивающая его диффузию из крови в интерстициальную жидкость, составляет от 30 до 80 мм рт. ст.

Напряжение CO_2 в интерстициальной жидкости у стенки кровеносного капилляра на 20-40 мм рт. ст. больше чем в крови. Поскольку CO_2 диффундирует приблизительно в 20 раз быстрее, чем O_2 , удаление CO_2 происходит гораздо легче, чем снабжение O_2 .

4. Газообмен между кровью и тканями

На газообмен в тканях влияют не только градиенты напряжения дыхательных газов между кровью и интерстициальной жидкостью, но также и:

- 1) площадь обменной поверхности;
- 2) величина диффузного расстояния;
- 3) коэффициенты диффузии тех сред, через которые осуществляется перенос газов.

4. Газообмен между кровью и тканями

Диффузионный путь газов тем короче, чем больше плотность капиллярной сети. В расчёте на 1 мм^3 суммарная площадь капиллярного русла в скелетной мышце 60 м^2 , в миокарде – 100 м^2 .

Площадь диффузии определяет количество эритроцитов, протекающих по капиллярам в единицу времени в зависимости от распределения кровотока в микроциркуляторном русле. На выход O_2 из крови в ткань влияет конвекция плазмы и интерстициальной жидкости, а также цитоплазмы в эритроцитах и клетках ткани.

4. Газообмен между кровью и тканями

Диффундирующий в ткани O_2 потребляется клетками в процессе тканевого дыхания, поэтому разность его напряжения между кровью, интерстициальной жидкостью и клетками существует постоянно, обеспечивая диффузию в этом направлении. При увеличении потребления тканью O_2 его напряжение в крови уменьшается, что облегчает диссоциацию окси Hb.

4. Газообмен между кровью и тканями

Количество O_2 , которое потребляют ткани, в % от общего содержания его в артериальной крови называется **коэффициентом утилизации O_2** приблизительно 30-40 %. Потребление O_2 в различных тканях различно, например, в миокарде, сером веществе мозга, печени приблизительно 40-60 %. В состоянии покоя серым веществом головного мозга потребляется в 1 мин. 0,08-0,1 мл O_2 на 1 г ткани, а в белом веществе мозга в 8-10 раз меньше.

4. Газообмен между кровью и тканями

В корковом веществе почки среднее потребление O_2 приблизительно в 20 раз больше, чем во внутренних участках мозгового вещества почки. При тяжёлой физической нагрузке коэффициент утилизации O_2 скелетными мышцами и миокардом достигает 90 %.

O_2 , поступающий в ткани, используется в клеточных окислительных процессах, которые протекают на субклеточном уровне с участием специфических ферментов, расположенных на внутренней стороне митохондрий.

4. Газообмен между кровью и тканями

Для нормального хода окислительных обменных процессов в клетках необходимо, чтобы напряжение O_2 в области митохондрий было не меньше 0,1-1 мм рт. ст. – критическое напряжение **O_2 в митохондриях.**

При снижении поступления кислорода из крови, потребности тканей в кислороде перестают удовлетворяться, развивается кислородное голодание и окислительные обменные процессы замедляются.

4. Газообмен между кровью и тканями

Единственным депо кислорода является мышечная ткань, а в ней пигмент **миоглобин**, близкий по строению к гемоглобину и способный обратимо связывать кислород. Но содержание миоглобина в мышцах человека невелико и поэтому количество запасённого кислорода не может обеспечить их нормальное функционирование в течение длительного промежутка времени.

Сродство миоглобина к кислороду выше, чем у гемоглобина: **уже при напряжении кислорода 3-4 мм рт. ст. 50 % миоглобина переходит в оксимиоглобин, а при 40 мм рт. ст. миоглобин насыщен кислородом на 95 %.**

4. Газообмен между кровью и тканями

Во время сокращения мышцы, с одной стороны, увеличиваются потребности клеток в энергии и усиливаются окислительные процессы, с другой – резко ухудшаются условия доставки кислорода, так как при сокращении мышца сдавливает капилляры и доступ крови по ним может прекратиться. Во время сокращения расходуется кислород, запасённый в миоглобине за время расслабления мышцы. Более быстрый переход кислорода в ткани обеспечивается раскрытием нефункционировавших капилляров в работающей ткани.

4. Газообмен между кровью и тканями

Повышению коэффициента утилизации способствует также усиленное образование кислот – молочной и угольной, что понижает сродство гемоглобина к кислороду и обеспечивает более быструю диффузию кислорода из крови. Кроме того, увеличению утилизации кислорода содействует повышение температуры работающих мышц и усиление ферментативных процессов, протекающих в клетках.

4. Газообмен между кровью и тканями

Пример: снабжение кислородом постоянно активно работающей мышцы носит периодический характер.

Во время систолы в результате повышения интрамурального давления кровотоков в бассейне левой коронарной артерии снижается и во внутренних слоях миокарда левого желудочка может на короткое время полностью прекращаться.

4. Газообмен между кровью и тканями

Когда напряжение кислорода в мышечных клетках падает ниже 10-15 мм рт. ст., миоглобин начинает отдавать кислород в виде оксигемоглобинов во время диастолы.

Среднее содержание миоглобина в сердце ~4 мг/г. Поскольку 1 г миоглобина может связывать ~ до 1,34 мл кислорода, в физиологических условиях запасы кислорода в миокарде составляют ~ 0,005 мл на 1 г ткани.

4. Газообмен между кровью и тканями

Этого количества кислорода достаточно для того, чтобы в условиях полного прекращения его доставки кровью поддерживать в миокарде окислительные процессы лишь в течение 3-4 с.

Однако длительность систолы, намного короче, поэтому миоглобин, выполняющий функцию кратковременного депо кислорода, предохраняет миокард от кислородного голодания.

5. Регуляция дыхания

Регуляция дыхания осуществляется при помощи гуморальных, рефлекторных механизмов и нервных импульсов, поступающих в дыхательный центр из вышележащих отделов ЦНС.

Гуморальная регуляция осуществляется за счёт изменения уровня дыхательных показателей (CO_2 , O_2 , H^+) в крови. Их избыток или недостаток оказывает опосредованное влияние на дыхательный центр. Специфическим регулятором активности нейронов дыхательного центра является **углекислый газ**.

5. Регуляция дыхания

В ретикулярной формации продолговатого мозга, вблизи дыхательного центра имеются центральные хеморецепторы, чувствительные к CO_2 .

При увеличении напряжения CO_2 в крови хеморецепторы возбуждаются и нервные импульсы поступают к инспираторным нейронам, что приводит к повышению их активности.

Опосредованное влияние на дыхательный центр может осуществляться и рефлекторным путём, в механизме которого важное место отводится хеморецепторам сосудистого русла.

5. Регуляция дыхания

В области сонных синусов и дуги аорты также находятся хеморецепторы, чувствительные к изменениям напряжения CO_2 , O_2 и H^+ ионов в крови. От них по нервным каналам связи возбуждение поступает в дыхательный центр и изменяет его активность.

Таким образом, повышение $p\text{CO}_2$ и $[\text{H}^+]$, а также понижение $p\text{O}_2$ возбуждает, а повышение $p\text{O}_2$ и снижение $p\text{CO}_2$ и $[\text{H}^+]$, наоборот, тормозит активность дыхательного центра. Благодаря усиленному дыханию ускоряется выделение CO_2 из крови в лёгкие и увеличивается поступление O_2 в кровь.

6. Рефлекторные механизмы регуляции дыхания

Среди *рефлекторных механизмов* выделяют:

- 1) *постоянные;*
- 2) *непостоянные (опосредованные).*

Постоянные рефлекторные влияния

возникают в результате раздражения *рецепторов альвеол (рефлекс Геринга-Брейера), корня лёгкого и плевры (пульмоторакальный рефлекс), хеморецепторов дуги аорты и сонных синусов (рефлекс Гейманса), проприорецепторов дыхательных мышц.*

6. Рефлекторные механизмы регуляции дыхания

Рефлекс Геринга-Брейера начинается с раздражения механорецепторов альвеол (рецепторов растяжения и спадения), которые являются чувствительными нервными окончаниями блуждающего нерва. При растяжении альвеол во время вдоха нервные импульсы идут по блуждающему нерву к *экспираторным нейронам*, которые, возбуждаясь, *тормозят* активность *инспираторных* нейронов, что приводит к *пассивному выдоху*.

6. Рефлекторные механизмы регуляции дыхания

При спадении альвеол (в патологических условиях) нервные импульсы от рецепторов растяжения не поступают к экспираторным нейронам, их активность падает и создаются условия для повышения возбудимости инспираторной части дыхательного центра. Следствием является активный вдох.

6. Рефлекторные механизмы регуляции дыхания

Пульмоторакальный рефлекс возникает при возбуждении рецепторов, заложенных в лёгочной ткани и плевре. Проявляется этот рефлекс при растяжении лёгких и плевры. Рефлекторная дуга замыкается на уровне шейных и грудных сегментов спинного мозга. Конечным эффектом рефлекса является изменение тонуса дыхательной мускулатуры, благодаря чему происходит увеличение или уменьшение среднего объёма лёгких.

6. Рефлекторные механизмы регуляции дыхания

Рефлекс Гейманса возникает при изменении концентрации CO_2 , O_2 и H^+ ионов в крови. При этом раздражаются хеморецепторы крупных кровеносных сосудов, возбуждение от которых поступает в дыхательный центр. Повышение концентрации CO_2 и H^+ ионов способствуют проявлению вдоха.

6. Рефлекторные механизмы регуляции дыхания

Рефлексы с проприорецепторов дыхательных мышц

Проприорецепторы дыхательных мышц возбуждаются во время вдоха.

Нервные импульсы от них поступают в инспираторную часть дыхательного центра.

В результате тормозится центр вдоха и наступает ВЫДОХ.

6. Рефлекторные механизмы регуляции дыхания

Непостоянные рефлекторные влияния

связны с возбуждением разнообразных экстеро- и интерорецепторов (рецепторов слизистой носа, носоглотки, верхних дыхательных путей, температурных и болевых рецепторов кожи, проприорецепторов скелетных мышц).

Например: при внезапном вдыхании паров аммиака, хлора, табачного дыма происходит раздражение рецепторов слизистой носа, глотки, гортани, что приводит к рефлекторному спазму голосовой щели, а иногда и мускулатуры бронхов и рефлекторной задержке дыхания.

6. Рефлекторные механизмы регуляции дыхания

При раздражении эпителия дыхательных путей пылью, слизью возникают защитные дыхательные рефлексы: **чихание** (раздражение рецепторов слизистой носа) и **кашель** (раздражение рецепторов гортани, трахеи, бронхов).

Эмоциональные возбуждения, охватывающие структуры лимбико-ретикулярного комплекса и, прежде всего, *гипоталамическую область, распространяются в нисходящем направлении и вызывают изменение деятельности дыхательного центра.*

6. Рефлекторные механизмы регуляции дыхания

На роль коры в регуляции дыхания (нисходящие влияния на дыхательный центр) указывает возможность произвольного контроля дыхания. Человек по желанию может задерживать или усиливать дыхание.

7. Дыхательный центр

Информация о состоянии кислородно-углекислого баланса в организме поступает в дыхательный центр, который представляет нейронную организацию центральной нервной системы, определяющую функцию дыхания.

В **анатомическом** смысле **дыхательный центр** — это совокупность нейронов в локальной зоне центральной нервной системы, без которой дыхание становится невозможным.

7. Дыхательный центр

Такой центр находится в ретикулярной формации **продолговатого мозга** в области **дна IV желудочка**.

Он состоит из двух отделов:

- 1) центр **вдоха** (инспираторный отдел);
- 2) центр **выдоха** (экспираторный отдел).

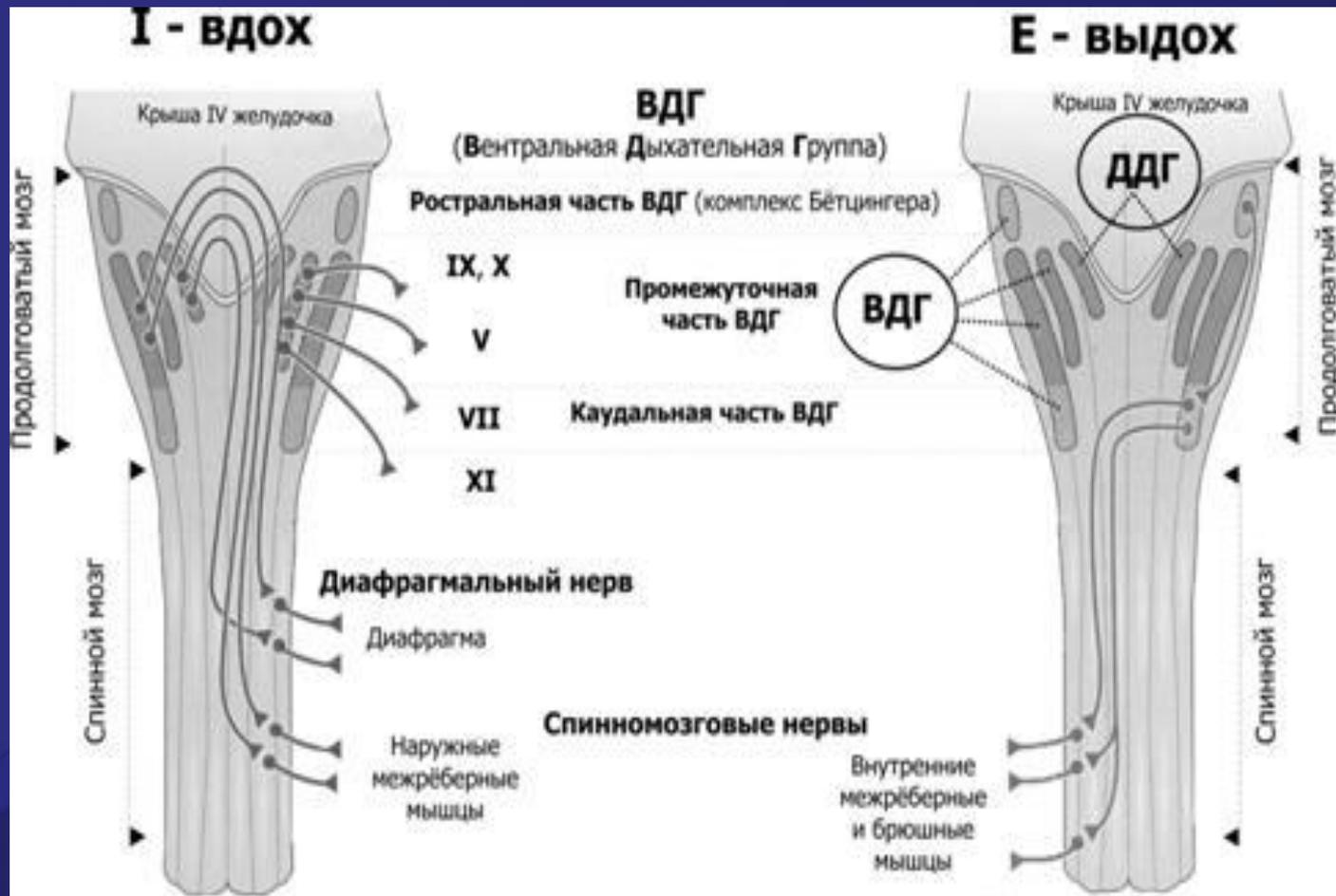
Нейроны бульбарного центра обладают автоматией и находятся в реципрокных взаимоотношениях между собой.

7. Дыхательный центр

Несовершенство координации дыхательного акта центрами продолговатого мозга была доказана методом перерезок. Так после отделения продолговатого мозга от вышележащих отделов чередование вдохов и выдохов сохраняется, но длительность и глубина дыханий становится нерегулярной.

В **физиологическом** смысле **дыхательный центр** — это совокупность нейронов, расположенных на различных уровнях центральной нервной системы (от спинного мозга до коры головного мозга), которые обеспечивают координированное ритмическое дыхание, то есть делают функцию дыхания более совершенной.

7. Дыхательный центр



7. Дыхательный центр

В целом, регуляция активности дыхательного центра может быть представлена тремя уровнями:

- 1) на уровне **спинного мозга** располагаются *центры диафрагмальных и межрёберных нервов, обуславливающие сокращение дыхательных мышц*. Однако этот уровень регуляции дыхания не может обеспечить ритмическую смену фаз дыхательного цикла, так как большое количество афферентных импульсов от дыхательного аппарата непосредственно направляются в продолговатый мозг, то есть минуя спинной мозг.

7. Дыхательный центр

2) на уровне **продолговатого мозга и варолиевого моста** находится основной дыхательный центр, который перерабатывает разнообразные афферентные импульсы, идущие от дыхательного аппарата, а также от основных сосудистых рефлексогенных зон. Этот уровень регуляции обеспечивает ритмическую смену фаз дыхания и активность спинальных мотонейронов, аксоны которых иннервируют дыхательную мускулатуру;

7. Дыхательный центр

3) на уровне **верхних отделов головного мозга**, включая кору головного мозга, осуществляются адекватные приспособительные реакции системы дыхания к изменяющимся условиям окружающей среды.

Ритмические импульсы от дыхательного центра **продолговатого мозга** поступают по **нисходящим двигательным путям** к **мотонейронам дыхательных мышц спинного мозга**.

7. Дыхательный центр

Мотонейроны диафрагмальных нервов

находятся в передних рогах серого вещества **III-IV шейных сегментов**.

Мотонейроны межрёберных нервов

расположены в передних рогах **грудного отдела** спинного мозга.

Отсюда возбуждение поступает к дыхательной мускулатуре (к диафрагме и межрёберным мышцам).

7. Дыхательный центр

Мотонейроны **спинного мозга** получают от проприорецепторов мышц грудной клетки сигналы о степени их растяжения при вдохе.

Эти сигналы могут изменять число вовлечённых в активность мотонейронов и, таким образом, определяют особенности дыхания, осуществляя регуляцию дыхания на уровне спинного мозга

Бульбарный дыхательный центр получает афферентные импульсы от механорецепторов лёгких, дыхательных путей и дыхательных мышц, от хемо- и прессорецепторов сосудистых рефлексогенных зон.

7. Дыхательный центр

Выше продолговатого мозга, в области срединных парабрахиальных ядер **варолиева моста** расположен **пневмотаксический центр**.

Он организует нормальный дыхательный ритм (регулярную смену актов вдоха и выдоха).

Продолговатый мозг и варолиев мост связаны между собой восходящими и нисходящими нервными путями и функционируют согласованно.

Так, инспираторные нейроны, возбуждаясь, посылают импульсы в пневмотаксический центр, который запускает автоматию экспираторного центра. Экспираторные нейроны тормозят инспираторные.

7. Дыхательный центр

Для нормальной деятельности **бульбо-понтинного** дыхательного центра необходима постоянная информация о состоянии внутренней среды организма и самих органов дыхания.

Нисходящие нервные влияния на дыхательный центр оказывают **верхние отделы головного мозга**, включая корковые нейроны. Так, эмоциональные возбуждения, охватывающие структуры, **лимбико-ретикулярного комплекса** и в первую очередь **гипоталамическую область**, распространяются в нисходящем направлении и вызывают изменение деятельности дыхательного центра.

7. Дыхательный центр

Гипоталамус также оказывает влияния при изменениях во внешней среде, изменении метаболизма, а также как высший центр вегетативных регуляций.

Речь, относящаяся к **ВЫСШИМ МОЗГОВЫМ функциям коры** человека, возможна на основе дыхательных движений, вызывающих прохождение воздуха через голосовой аппарат.

Поэтому во время речи к дыхательному центру приходят влияния, подстраивающие его деятельность для необходимых речевых реакций.

7. Дыхательный центр

Одновременно дыхательный центр управляет тем объёмом лёгочной вентиляции, который необходим для поддержания дыхательного гомеостаза. Поэтому дыхание в условиях речи становится аperiodическим.

На **роль коры** в регуляции дыхания указывает возможность произвольного контроля дыхания, когда человек может сознательно изменить дыхание: сделать его более глубоким или поверхностным, частым или редким, произвести задержку дыхания на определённое время.

7. Дыхательный центр

Таким образом, на примере особенностей дыхательного центра наблюдаются общие принципы организации любых нервных центров, в частности:

- 1) принцип **изоморфизма** (принципиально однотипная структурная организация);
- 2) принцип **иерархичности** (многоуровневое расположение центрального представительства);
- 3) принцип **субординации** (соподчинение нервных центров, когда высшие центры модулируют работу низших и, чем выше уровень центра, тем более сложную регуляцию он обеспечивает).

8. Дыхание при физической работе

В области сонных синусов и дуги аорты также находятся хеморецепторы, чувствительные к изменениям напряжения CO_2 , O_2 и H^+ ионов в крови. От них по нервным каналам связи возбуждение поступает в дыхательный центр и изменяет его активность.

Таким образом, повышение $p\text{CO}_2$ и $[\text{H}^+]$, а также понижение $p\text{O}_2$ возбуждает, а повышение $p\text{O}_2$ и снижение $p\text{CO}_2$ и $[\text{H}^+]$, наоборот, тормозит активность дыхательного центра. Благодаря усиленному дыханию ускоряется выделение CO_2 из крови в лёгкие и увеличивается поступление O_2 в кровь.

9. Дыхание при повышенном атмосферном давлении

Под повышенным давлением воздуха человеку приходится находиться во время водолазных и кессонных работ. При погружении под воду через каждые 10 м давление воды на поверхность тела увеличивается на 1 атм., следовательно, на глубине 90 м на человека действует давление около 10 атм.

9. Дыхание при повышенном атмосферном давлении

При погружении под воду в водолазных костюмах человек может дышать только воздухом под соответствующим погружению повышенным давлением. В этих условиях увеличивается количество газов, растворённых в крови, кислорода и особенно азота. Поэтому при погружении на большие глубины для дыхания применяются гелиево-кислородные смеси. Гелий почти нерастворим в крови и при дыхании им снижается сопротивление дыханию. Кислород добавляют к гелию в такой концентрации, чтобы его парциальное давление на глубине (то есть при повышенном давлении) было близким к тому, которое имеется в обычных условиях.

9. Дыхание при повышенном атмосферном давлении

После работ на больших глубинах специального внимания требует переход человека от высокого давления к нормальному. При быстрой декомпрессии, например, при быстром подъёме водолаза, физически растворённые в крови и тканях газы значительно больше обычного, не успевают выделиться из организма и образуют пузырьки. Кислород и углекислый газ представляют меньшую опасность, так как они быстро связываются кровью и тканями. Особую опасность представляет образование пузырьков азота, которые разносятся кровью и закупоривают мелкие сосуды (газовая эмболия), что сопряжено с большой опасностью для жизни.

9. Дыхание при повышенном атмосферном давлении

Состояние, возникающее при быстрой декомпрессии, называется кессонной болезнью, она характеризуется болями в мышцах, головокружением, рвотой, одышкой, потерей сознания, а в тяжёлых случаях могут возникать параличи. При появлении признаков кессонной болезни необходимо немедленно вновь подвергнуть пострадавшего действию высокого давления (такого, с которого он начинал подъём), чтобы вызвать растворение пузырьков азота, а затем декомпрессию производить постепенно.

9. Дыхание при повышенном атмосферном давлении

При некоторых заболеваниях применяется метод лечения при повышенном давлении - гипербарическая оксигенация, что обеспечивает повышение доставки кислорода тканям. Человека помещают в специальную барокамеру, где давление кислорода повышено до 3-4 атмосфер. При таком давлении резко увеличивается количество кислорода, физически растворённого в крови и тканях. В таких условиях кислород переносится кровью в достаточном количестве даже без участия гемоглобина, так как высокое напряжение кислорода в крови создаёт условия для быстрой его диффузии к клеткам.

10. Дыхание при пониженном атмосферном давлении

При подъёме на высоту человек оказывается в условиях пониженного атмосферного давления. Следствием понижения атмосферного давления является гипоксия, которая развивается в результате низкого парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе.

При подъёме на высоту 1,5-2 км над уровнем моря не происходит значительного изменения снабжения организма кислородом и изменения дыхания. На высоте 2,5-5 км наступает увеличение вентиляции лёгких, вызванное стимуляцией каротидных хеморецепторов. Одновременно происходит повышение артериального давления и увеличение частоты сердечных сокращений.

10. Дыхание при пониженном атмосферном давлении

Все эти реакции направлены на усиление снабжения тканей кислородом.

Увеличение вентиляции лёгких на высоте может привести к снижению парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе - гипокапнии, при которой снижается стимуляция хеморецепторов, особенно центральных, это ограничивает увеличение вентиляции лёгких.

На высоте 4-5 км развивается высотная (горная) болезнь, которая характеризуется: слабостью, цианозом, снижением частоты сердечных сокращений, артериального давления, головными болями, снижением глубины дыхания.

10. Дыхание при пониженном атмосферном давлении

На высоте свыше 7 км могут наступить опасные для жизни нарушения дыхания, кровообращения и потеря сознания. Особенно большую опасность представляет быстрое развитие гипоксии, при котором потеря сознания может наступить внезапно.

Дыхание чистым кислородом через загубник или маску позволяет сохранить нормальную работоспособность даже на высоте 11-12 км. На больших высотах даже при дыхании чистым кислородом его парциальное давление в альвеолярном воздухе оказывается ниже, чем в норме. Поэтому полёты на такие высоты возможны только в герметизированных кабинах или скафандрах, где поддерживается достаточно высокое атмосферное давление.

10. Дыхание при пониженном атмосферном давлении

Длительное пребывание в условиях низкого атмосферного давления, например, жизнь, в горных местностях сопровождается акклиматизацией к кислородному голоданию, которая проявляется в:

- увеличении количества эритроцитов в крови в результате усиления эритропоэза;
- увеличении содержания гемоглобина в крови и, следовательно, повышении кислородной ёмкости крови;
- увеличении вентиляции лёгких;

10. Дыхание при пониженном атмосферном давлении

- ускорении диссоциации оксигемоглобина в тканевых капиллярах, в результате сдвига кривой диссоциации вправо из-за увеличения содержания в эритроцитах 2,3-глицерофосфата;
- повышении плотности кровеносных капилляров в тканях, увеличением их длины и извилистости;
- повышении устойчивости клеток, особенно нервных к гипоксии и др.

Спасибо за внимание!

