Система дыхания

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ

Оптимальный для метаболизма газовый состав организма - относительное постоянство диоксида углерода и кислорода в альвеолярном воздухе, крови и тканях - обеспечивает система дыхания. Системой дыхания называют исполнительные органы системы дыхания и механизмы регуляции поддержания оптимального для метаболизма газового состава организма. В процессе метаболизма в клетках тканей постоянно используется кислород и образуется диоксид углерода. Система дыхания обеспечивает снабжение тканей кислородом и удаление диоксида углерода.

Исполнительные органы системы дыхания следующие:

мышцы инспираторные - диафрагма, наружные косые межреберные мышцы и др.;

мышцы экспираторные - внутренние косые межреберные мышцы, мышцы брюшной стенки и др.;

грудная клетка;

плевра;

бронхи и легкие;

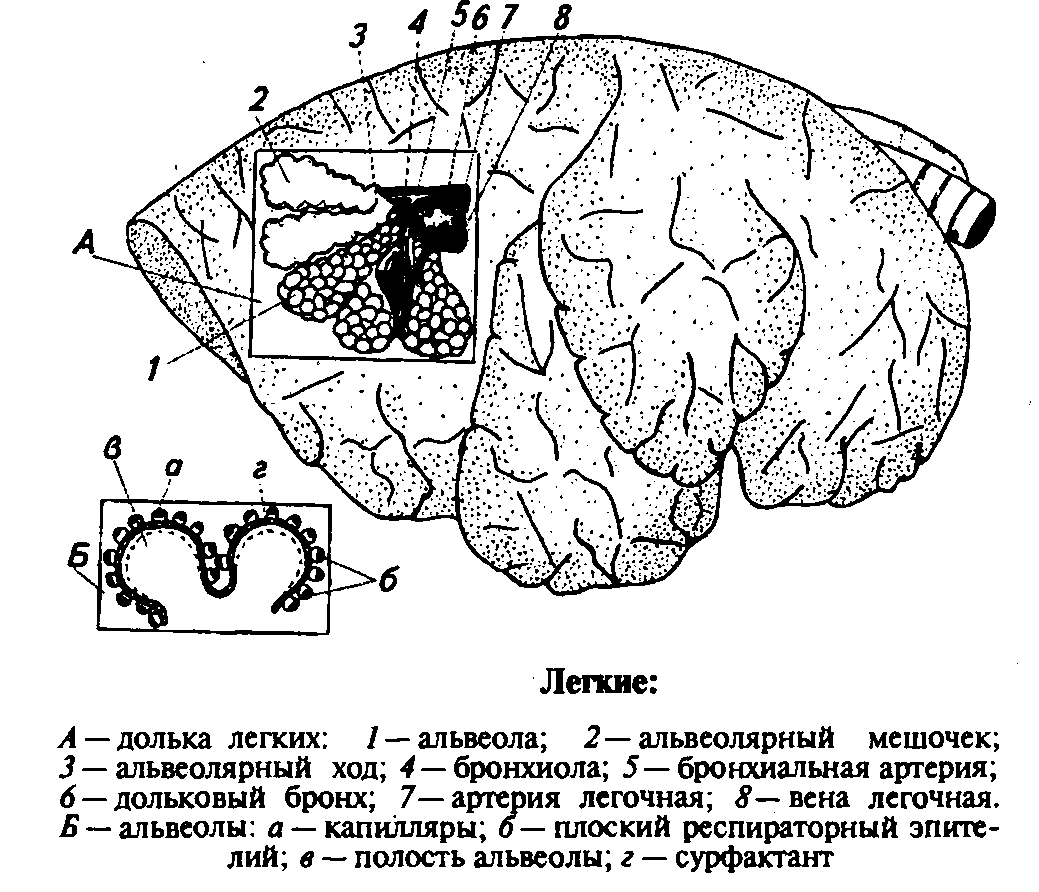
трахея, гортань, носоглотка, носовые ходы - воздухоносные пути;

сердце и сосуды;

кровь.

Воздухоносные пути. Обеспечивают прохождение воздуха в легкие из окружающей среды. Проходя через них, вдыхаемый воздух увлажняется, согревается или охлаждается, очищается от пыли и микроорганизмов. Слизистая оболочка стенки воздухоносных путей покрыта слизью; трахею и бронхи выстилает мерцательный эпителий. Поступающий воздух контактирует со слизью, к которой прилипают частицы из воздуха и микроорганизмы; движением мерцательного эпителия слизь продвигается по направлению к носоглотке.

Функциональной единицей легких является альвеола - легочный пузырек. Альвеола имеет полушаровидную форму, малую толщину стенки. Внутренняя поверхность альвеолы выстлана эпителием, находящимся на базальной мембране; снаружи она густо оплетена легочными капиллярами. Внутренняя поверхность альвеол покрыта пленкой сурфактанта, которая препятствует слипанию стенок их в период выдоха. Легочные пузырьки расположены на концах разветвленных бронхиол, переходящих в два бронха. Альвеолы образуют губчатую массу легких. Легкие обеспечивают газообмен между воздухом и кровью, т.е. обмен кислорода и диоксида углерода.



## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДЫХАНИЯ

Дыхание - совокупность физиологических процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление диоксида углерода, т.е. поддержание относительного постоянства диоксида углерода и кислорода в альвеолярном воздухе, крови и тканях.

Дыхание включает в себя следующие физиологические процессы:

обмен газами между внешней средой и смесью газов в альвеолах;

обмен газами между альвеолярным воздухом и газами крови;

транспорт газов кровью;

обмен газами между кровью и тканями;

использование кислорода тканями и образование диоксида углерода.

Обмен газами между внешней средой и смесью газов в альвеолах. Процесс обмена газами между внешней средой и смесью газов в альвеолах называется легочной вентиляцией. Обмен газами обеспечивается за счет дыхательных движений - актов вдоха и выдоха. При вдохе происходит увеличение объема грудной клетки, понижение давления в плевральной полости и, как следствие, поступление воздуха из внешней среды в легкие. При выдохе объем грудной клетки уменьшается, давление воздуха в легких повышается, и в результате альвеолярный воздух вытесняется из легких наружу.

Механизм вдоха и выдоха. Вдох и выдох происходят потому, что объем грудной полости изменяется, то увеличиваясь, то уменьшаясь. Легкие - губчатая масса, состоящая из альвеол, не содержит мышечной ткани. Они не могут сокращаться. Дыхательные движения совершаются с помощью межреберных и других дыхательных мышц и диафрагмы.

При вдохе одновременно сокращаются наружные косые межреберные мышцы и другие мышцы груди и плечевого пояса, что обеспечивает поднятие или отведение ребер, а также диафрагма, которая смещается в сторону брюшной полости. В результате объем грудной клетки увеличивается, понижается давление в плевральной полости и в легких и, как следствие, воздух из окружающей среды поступает в легкие. Во вдыхаемом воздухе содержится 20,97% кислорода, 0,03% диоксида углерода и 79% азота.

При выдохе одновременно сокращаются экспираторные мышцы, что обеспечивает возвращение ребер в положение до вдоха. Диафрагма возвращается в положение до вдоха. При этом уменьшается объем грудной клетки, повышается давление в плевральной полости и в легких и часть альвеолярного воздуха вытесняется. В выдыхаемом воздухе содержится 16% кислорода, 4% диоксида углерода, 79% азота.

У животных различают три типа дыхания: реберный, или грудной, - при вдохе преобладает отведение ребер в стороны и вперед; диафрагмальный, или брюшной, - вдох происходит преимущественно за счет сокращения диафрагмы; ребернобрюшной - вдох за счет сокращения межреберных мышц, диафрагмы и брюшных мышц.



Обмен газами между альвеолярным воздухом и газами крови. Обмен газов в легких между альвеолярным воздухом и кровью капилляров малого круга кровообращения осуществляется вследствие разности парциального давления этих газов. Концентрация кислорода в альвеолярном воздухе значительно выше, чем в венозной крови, движущейся по капиллярам. Кислород вследствие разности парциального давления по закону диффузии легко переходит из альвеол в кровь, обогащая ее. Кровь становится артериальной. Концентрация диоксида углерода гораздо выше в венозной крови, чем в альвеолярном воздухе. Диоксид углерода вследствие разности напряжения его в крови и парциального его давления в альвеолярном воздухе по закону диффузии проникает из крови в альвеолы. Состав альвеолярного воздуха постоянен: около 14,5% кислорода и 5,5% диоксида углерода.

Газообмену в легких способствует большая поверхность альвеол и тонкий слой мембраны из эндотелиальных клеток капилляров и плоского альвеолярного эпителия, разделяющей газовую среду и кровь. В течение суток из альвеол в кровь переходит у коровы около 5000 л кислорода и из крови в альвеолярный воздух поступает около 4300 л диоксида углерода.

Транспорт газов кровью. Кислород, проникнув в кровь, соединяется с гемоглобином эритроцитов и в виде оксигемоглобина транспортируется артериальной кровью до тканей. В артериальной крови содержится 16... 19 объемных процентов кислорода и 52...57 об. % диоксида углерода.

Диоксид углерода поступает из тканей в кровь, плазму и затем в эритроциты. Часть его образует химическое соединение с гемоглобином - карбогемоглобин, а другая под действием фермента карбоангидразы, который содержится в эритроцитах, образует соединение - угольную кислоту, которая быстро диссоциирует на ионы Н+ и НСО3". Из эритроцитов НСОз~ поступает в плазму крови, где соединяется с NaCl или КС1, образуя соли угольной кислоты: NaHC03, КНС03. Около 2,5 об. % СО2 находится в плазме в состоянии физического растворения. В виде этих соединений диоксид углерода транспортируется венозной кровью от тканей к легким. В венозной крови содержится 58...63 об. % диоксида углерода и 12 об. % кислорода.

Обмен газов между кровью и тканями. В тканях кислород освобождается из непрочного соединения с гемоглобином эритроцитов и по закону диффузии легко проникает в клетки, так как концентрация кислорода в артериальной крови значительно выше, чем в тканях. Здесь кислород используется на окисление органических соединений с образованием диоксида углерода. Концентрация диоксида углерода в тканях возрастает и становится значительно выше, чем в притекающей к ним крови. Напряжение диоксида углерода составляет 60 мм рт. ст. в тканях и 40 мм рт. ст. в артериальной крови, поэтому по закону диффузии он переходит из тканей в кровь. Она насыщается диоксидом углерода, т.е. становится венозной.

## ВНЕШНИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ

Деятельность системы дыхания характеризуют определенные внешние показатели.

Частота дыхательных движений за 1 мин. У лошади она составляет 8...16, крупного рогатого скота - 10...30, овцы - 10... 20, свиньи - 8...18, кролика - 15...30, собаки - 10...30, кошки - 20...30, птицы - 18...34, а у человека 12...18 движений в минуту. Четыре первичных легочных объема: дыхательный, резервный вдоха, резервный выдоха, остаточный объем. Соответственно у крупного рогатого скота и лошади приблизительно 5...6 л, 12...18,10...12, Ю...12л. Четыре емкости легких: общая, жизненная, вдоха, функциональная остаточная. Минутный объем. У крупного рогатого скота - 21...30 л и лошади - 40...60 л. Содержание кислорода и диоксида углерода в выдыхаемом воздухе. Напряжение кислорода и диоксида углерода в крови.

## РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ

Под регуляцией дыхания понимают поддержание оптимального содержания кислорода и диоксида углерода в альвеолярном воздухе и в крови за счет изменения частоты и глубины дыхательных движений. Частота и глубина дыхательных движений обусловлены ритмом и силой генерации импульсов в дыхательном центре, расположенном в продолговатом мозге, в зависимости от его возбудимости. Возбудимость определяется напряжением диоксида углерода в крови и потоком импульсов с рецепторных зон сосудов, дыхательных путей, мышц.

Регуляция частоты дыхательных движений. Регуляция частоты дыхательных движений осуществляется центром дыхания, который включает в себя центры вдоха, выдоха и пневмотаксиса; центру вдоха принадлежит главная роль. В центре вдоха ритмически залпами рождаются импульсы в единицу времени, определяя частоту дыхания. Импульсы из центра вдоха поступают к вдыхательным мышцам и диафрагме, вызывая вдох такой продолжительности и глубины, который соответствует сложившимся условиям и характеризуется определенным объемом поступившего в легкие воздуха, силой сокращения вдыхательных мышц. Количество импульсов, рожденных в центре вдоха в единицу времени, зависит от его возбудимости: чем выше возбудимость, тем чаще рождаются импульсы, а значит, и чаще дыхательные движения.

Регуляция смены вдоха выдохом, выдоха вдохом. Регуляция смены вдоха выдохом, выдоха вдохом осуществляется рефлекторно. Возбуждение, возникающее в центре вдоха, обеспечивает акт вдоха, который сопровождается растяжением легких и возбуждением механорецепторов легочных альвеол. Импульсы с рецепторов по афферентным волокнам блуждающих нервов поступают уже в центр выдоха и возбуждают его нейроны. Одновременно непосредственно через центр пневмотаксиса центр вдоха также возбуждает центр выдоха. Нейроны центра выдоха, возбуждаясь, по законам реципрокных отношений тормозят активность нейронов центра вдоха, и вдох прекращается. Центр выдоха посылает информацию к мышцам экспираторам, вызывает их сокращение, и осуществляется акт выдоха. Так происходит чередование вдоха и выдоха. Количество залпов импульсов, поступающих из центра вдоха в единицу времени, и сила этих залпов зависят от возбудимости нейронов центра дыхания, специфики обмена веществ, особой чувствительности нейронов к окружающей их гуморальной среде, к поступающей информации с хеморецепторов сосудов, дыхательных путей и легких, мышц и пищеварительного аппарата. Избыток в крови и альвеолярном воздухе диоксида углерода и недостаток кислорода, усиление потребления кислорода и образования диоксида углерода в мышцах и других органах при усилении их деятельности вызывают следующие реакции: повышение возбудимости дыхательного центра, увеличение частоты рождения импульсов в центре вдоха, учащение дыхания и, как следствие, восстановление оптимального содержания кислорода и диоксида углерода в альвеолярном воздухе и крови. И наоборот, избыток в крови и альвеолярном воздухе кислорода ведет к урежению дыхательных движений и уменьшению вентиляции легких. В связи с приспособлением к изменившимся условиям число дыхательных движений у животных может увеличиться в 4...5 раз, дыхательный объем воздуха в 4...8 раз, минутный объем дыхания в 10...25 раз.

## ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ У ПТИЦ

В отличие от млекопитающих система дыхания у птиц имеет структурные и функциональные особенности. Структурные особенности. Носовые отверстия у птиц расположены у основания клюва; носовые воздухоносные ходы короткие.



Под наружной ноздрей есть чешуйчатый неподвижный носовой клапан, а вокруг ноздрей - венчик из перьев, предохраняющий носовые ходы от пыли и воды. У водоплавающих птиц ноздри окружены восковой кожицей.

У птиц отсутствует надгортанник. Функцию надгортанника выполняет задняя часть языка. Имеются две гортани - верхняя и нижняя. В верхней гортани нет голосовых связок. Нижняя гортань расположена на конце трахеи в месте ее разветвления на бронхи и служит как резонатор звука. В ней имеются особые мембраны и специальные мышцы. Воздух, проходя через нижнюю гортань, вызывает колебания мембраны, что приводит к возникновению звуков разной высоты. Эти звуки усиливаются в резонаторе. Куры способны издавать 25 различных звуков, каждый из которых отражает то или иное эмоциональное состояние.

Трахея у птиц длинная и имеет до 200 трахеальных колец. За нижней гортанью трахея делится на два главных бронха, которые входят в правое и левое легкое. Бронхи проходят через легкие и расширяются в брюшные воздухоносные мешки. Внутри каждого легкого бронхи дают начало вторичным бронхам, которые идут в двух направлениях - к вентральной поверхности легких и к дорсальной. Экто - и эндобронхи делятся на большое количество мелких трубочек - парабронхов и бронхиол, а последние уже переходят в множество альвеол. Парабронхи, бронхиолы и альвеолы образуют дыхательную паренхиму легких - "паутинную сеть", где и осуществляется газообмен.

Легкие вытянутой формы, малоэластичны, вдавлены между ребер и прочно соединены с ними. Так как они прикреплены к дорсальной стенке грудной клетки, расширяться так, как легкие млекопитающих, которые находятся свободными в грудной клетке, не могут. Масса легких у кур приблизительно 30 г.

У птиц имеются зачатки двух лепестков диафрагмы: легочной и грудобрюшной. Диафрагма с помощью сухожилия прикреплена к позвоночному столбу и небольших мышечных волокон - к ребрам. Она сокращается в связи с вдохом, но роль ее в механизме вдоха и выдоха несущественна. У кур в акте вдоха и выдоха большое участие принимают мышцы брюшного пресса.

Дыхание птиц связано с деятельностью больших воздухоносных мешков, которые объединены с легкими и пневматическими костями.

У птиц 9 основных воздухоносных мешков - 4 парных, расположенных симметрично по обеим сторонам, и один непарный. Самые большие - это брюшные воздухоносные мешки. Кроме этих воздухоносных мешков имеются также воздухоносные мешки, расположенные около хвоста, - заднетуловищные, или промежуточные.

Воздухоносные мешки - это тонкостенные образования, заполненные воздухом; слизистая оболочка их выстлана мерцательным эпителием. Из некоторых воздухоносных мешков идут отростки к костям, имеющим воздухоносные полости. В стенке воздухоносных мешков имеется сеть капилляров.

Воздухоносные мешки выполняют ряд ролей:

1) участвуют в газообмене;

2) облегчают массу тела;

3) обеспечивают нормальное положение тела при полете;

4) способствуют охлаждению тела при полете;

5) служат резервуаром воздуха;

6) выполняют роль амортизатора для внутренних органов.

Пневматическими костями у птиц являются шейные и спинные кости, хвостовые позвонки, плечевая, грудная и крестцовая кости, позвоночные концы ребер.

Емкость легких у кур составляет 13 см3, уток - 20 см3, общая емкость легких и воздухоносных мешков соответственно 160...170 см3, 315 см3,12...15% ее составляет дыхательный объем воздуха.

Функциональные особенности. Птицы, подобно насекомым, делают выдох, когда дыхательные мышцы сокращаются; у млекопитающих же все наоборот - при сокращении мышц вдыхателей они делают вдох.

У птиц относительно частое дыхание: у кур - 18...25 раз в минуту, уток - 20...40, гусей - 20...40, индеек - 15...20 раз в минуту. Система дыхания у птиц имеет большие функциональные возможности - при нагрузках число дыхательных движений может увеличиваться: у сельскохозяйственных птиц до 200 раз в минуту.

Воздух, поступающий в организм в течение вдоха, заполняет легкие и воздухоносные мешки. Воздушные пространства - фактически запасные контейнеры для свежего воздуха. В воздухоносных мешках из-за небольшого количества кровеносных сосудов поглощение кислорода незначительно; в целом же воздух в мешках насыщен кислородом.

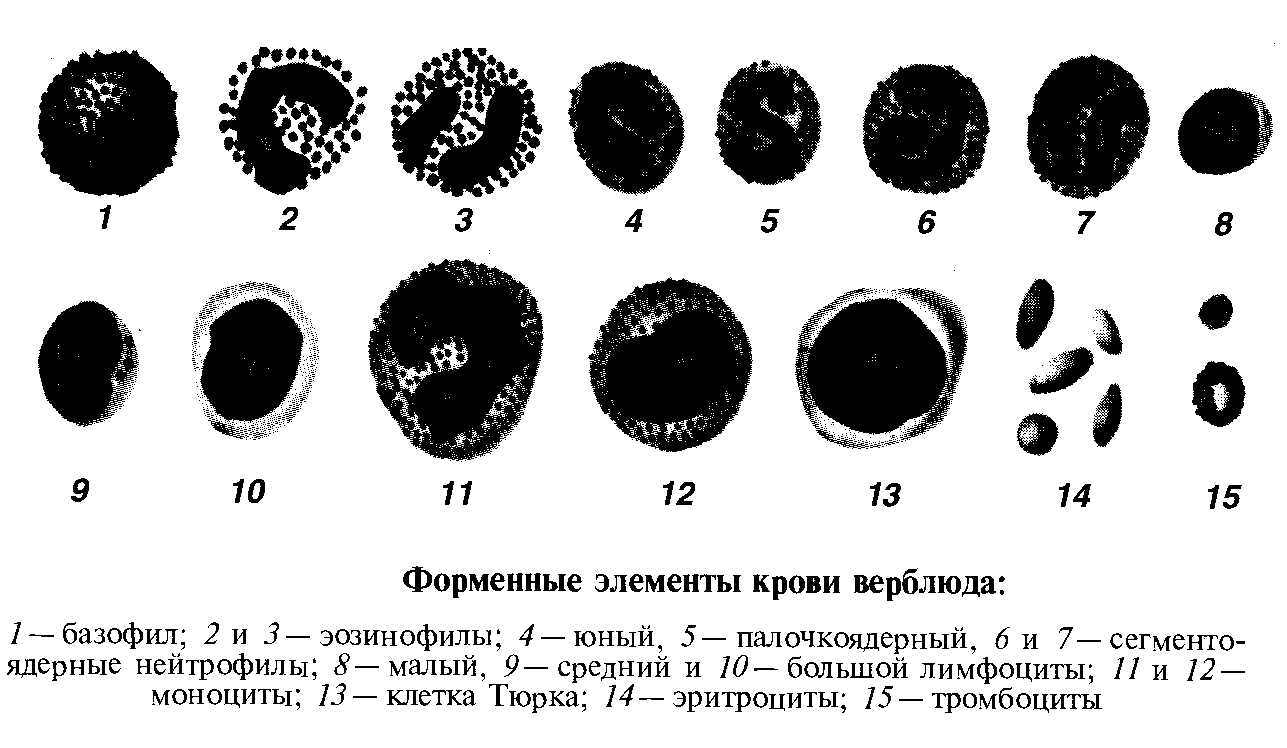
У птиц в легочной ткани происходит так называемый двойной газообмен, который осуществляется при вдохе и выдохе. Благодаря этому вдох и выдох сопровождаются извлечением кислорода из воздуха и выделением диоксида углерода.

В целом дыхание у птиц происходит следующим образом.

Мышцы грудной стенки сокращаются так, чтобы грудина была поднята. Это означает, что полость грудной клетки становится меньше и легкие сжимаются до такой степени, что насыщенный диоксидом углерода воздух вытесняется из дыхательных емкостей.

Поскольку воздух во время выдоха выходит из легких, новый воздух из воздушных пространств проходит вперед через легкие. При выдохе воздух проходит преимущественно через вентральные бронхи.

После того как мышцы грудной клетки сократились, свершился выдох и удален весь использованный воздух, мышцы расслабляются, грудина смещается вниз, грудная полость расширяется, становится большой, создается разность давлений воздуха между внешней средой и легкими, осуществляется вдох. Он сопровождается движением воздуха преимущественно через дорсальные бронхи.



Воздухоносные мешки упругие, подобно легким, поэтому, когда грудная полость расширяется, они также расширяются. Эластичность воздушных мешков и легких позволяет воздуху поступать в систему органов дыхания.

Так как расслабление мышц вызывает поступление воздуха в легкие из окружающей среды, легкие мертвой птицы, дыхательные мышцы которой обычно расслаблены, будут раздуты, или заполнены воздухом. У мертвых млекопитающих они спавшие.

Некоторые ныряющие птицы могут оставаться под водой значительное время, в течение которого воздух циркулирует между легкими и воздухоносными мешками, а большая часть кислорода переходит в кровь, поддерживая оптимальную концентрацию кислорода.

Птицы очень чувствительны к диоксиду углерода и иначе реагируют на повышение его содержания в воздухе. Максимально допустимое повышение не более 0,2%. Превышение этого уровня вызывает торможение дыхания, что сопровождается гипоксией - понижением содержания кислорода в крови, при этом снижается продуктивности L естественная резистентность птиц. В полете дыхание урежается за счет улучшения вентиляции легких даже на высоте 3000...4 00 м: в условиях пониженного содержания кислорода птицы обеспечивают себя кислородом при редком дыхании. На земле же птицы при этих условиях гибнут.