

## Лекция

# Тема: Дыхательный аппарат

- 1. Общая характеристика органов дыхания.**
- 2. Анатомический состав и принцип строения органов дыхания.**
- 3. Филогенез и онтогенез органов дыхания.**

### **1. Общая характеристика органов дыхания.**

Аппарат дыхания – *apparatus respiratorius* – обеспечивает в организме обмен газов между внешней средой и кровью. Кислород из вдыхаемого воздуха поступает в кровь, а из последней выделяется углекислый газ, который удаляется из организма с выдыхаемым воздухом.

Процесс газообмена происходит в легких при участии респираторно-моторного аппарата, с помощью которого осуществляется вентиляция легких, то есть удаление из легких воздуха, насыщенного углекислым газом (выдох), и замена его свежей порцией внешнего воздуха (вдох).

Аппарат дыхания, кроме газообменной функции, обеспечивает удаление из организма излишков воды (в виде паров), некоторых газов, накапливающихся в организме в результате обменных процессов, а также излишков тепла (теплорегуляция). С помощью органов дыхания происходит воспроизведение звуков (гортань) и восприятие запахов (орган обоняния).

Морфологические особенности и функциональное состояние органов аппарата дыхания оказывают большое влияние на жизнедеятельность всех важнейших систем организма, что необходимо учитывать как при проведении диагностических и профилактических мероприятий по предупреждению заболеваний животных, так и при оказании им необходимой лечебной помощи.

У всех наземных, в том числе и домашних, животных в состав органов аппарата дыхания входят воздухопроводящие пути (носоглотка, гортань, трахея, бронхи) и органы газообмена (легкие).

## 2. Анатомический состав и принцип строения органов дыхания.

Органы дыхательной системы подразделяют на два отдела: **воздухоносные пути** (нос с носовой полостью, гортань, трахея и бронхи) и **респираторный отдел** (ацинусы легкого и альвеолы).

К особенностям строения воздухоносных путей относят:

1. наличие хрящевого каркаса, что препятствует спаданию стенок проводящих путей;
2. выстилающий эпителий многорядный реснитчатый (мерцательный) выполняет функцию очищения воздуха от пыли и микробов;
3. наличие продольно расположенных эластических волокон в слизистой оболочке, что способствует удлинению бронхов при вдохе и возвращению в исходное положение при выдохе;
4. наличие сосудистых сплетений в слизистой для обогрева воздуха;
5. наличие в слизистой бокаловидных клеток и слизисто-серозных желез, секрет которых увлажняет слизистую, и обволакивают пылевые частицы, микробы, что способствует их удалению с помощью ресничек;
6. Наличие мышечных элементов, регулирующих поступление воздуха.

Все отделы воздухоносных путей **имеют общий план строения**. Стенки их состоят из **трех оболочек**: слизистой, фиброзно-хрящевой и адвентиции.

**Нос (nasus)** и **носковая полость (cavum nasi)** являются началом дыхательных путей. Они участвуют в обследовании вдыхаемого воздуха на запахи, увлажнении; очищают его от загрязнения; выполняют терморегуляционную функцию.

Входом в носовую полость являются **ноздри (nares)**, а выходом в глотку – **хоаны**. Кожный покров между ноздрями и вокруг них у мелких жвачных животных формирует **носое зеркало**. У крупных жвачных кожный покров, не имеющий волос и снабженный железами, покрывает пространство между ноздрями и верхнюю губу, поэтому называется **носогубным зеркальцем**.

Носовая полость разделена на две половины хрящевой носовой перегородкой, которая является продолжением в назальном направлении перпендикулярной пластинки решетчатой кости.

В каждой половине носовой полости имеются по 3 **носые раковины**: *дорсальная, вентральная, средняя и обонятельный лабиринт решетчатой кости*, в основе которых заложены тонкие пористые, свернутые в трубочки косые пластинки и их хрящевые добавки.

Данными носовыми раковинами каждая половина носовой полости делится на **четыре носовых хода**: *дорсальный, средний, вентральный и общий*.

✓ Дорсальный (обонятельный) по нему воздух идет к лабиринту решётчатой кости, где анализируется на запах. Проходит между крышей носовой полости и дорсальной носовой раковиной.

✓ Средний носовой ход проходит между дорсальной и вентральной носовыми раковинами. Он ведет в синусы (пазухи) черепных костей и называется **синусным**. В синусах воздух увлажняется и согревается.

✓ Вентральный носовой ход проходит между вентральной носовой раковиной и дном носовой полости. Он ведет в хоаны и является собственно дыхательным.

✓ Общий носовой ход имеет вид узкой щели, проходит между носовой перегородкой и раковинами. По нему воздух идет во всех направлениях, т.к. он сообщается с остальными ходами.

**Функционально** в носовой полости различают **дыхательную и обонятельную области**.

✓ Дыхательная область занимает *передненижнюю* часть носовой полости и выстлана многорядным мерцательным эпителием, способствующим увлажнению слизистой оболочки и защите вдыхаемого воздуха от посторонних примесей. *Преддверие* выстлано многослойным плоским эпителием и содержит слизисто – серозные железы.

Обонятельная область выполняет функцию обоняния. Занимает верхнюю и заднюю части носовой полости.

Гортань (larynx) располагается между глоткой и трахеей, является частью дыхательной трубки, проводит воздух в трахею, не допускает попадания пищи в дыхательные пути, выполняет функцию голосового аппарата.

**Остов гортани состоит из 5 хрящей**, соединенных подвижно между собой:

✓ Щитовидный (наиболее массивный)

✓ Кольцевидный или перстневидный – соединяется с первым хрящевым кольцом дыхательного горла.

✓ Надгортанный – ограничивает с вентральной стороны вход из глотки в гортань, имеет листовидную форму,

✓ 2 Черпаловидных – ограничивают вход в гортань с дорсолатеральных сторон.

Хрящи соединяются между собой *связками* (из соединительной ткани) и *мышцами* (из поперечно – полосатой мышечной ткани).

Трахея (trachea) представляет собой дыхательную трубку, располагающуюся между гортанью и легкими, лежит вентральнее пищевода.

При входе в легкие на уровне 4 – 6-го ребра, трахея делится на два главных бронха. Место деления называется **бифуркацией**.

В основе стенок трахеи заложен хрящевой остов, в виде не замкнутых колец из гиалинового хряща, поэтому просвет ее всегда открыт, (у рогатого скота трахея содержит 46 – 50 хрящей, диаметром 4 – 4,5 см, сжата с боков так, что в поперечнике имеет яйцевидную форму, у свиньи 32 – 36 колец

округлой формы, у лошадей 48 – 60 колец поперечно-овальной формы диаметром 4 – 7 см).

**Легкие (pulmones)** – это основные органы дыхания, в них непосредственно и происходит газообмен между внешней средой и кровью.

Различают правое и левое легкое (т.е. они являются парными органами). Размещаются в грудной полости, имеют вид конуса, вершина которого обращена вперед, а основание лежит на диафрагме. Они окружают сердце и заполняют собой практически вся грудную клетку, повторяя ее форму.

На каждом легком различают:

- ✓ **Реберную поверхность** – прилегающая к ребрам.
- ✓ **Диафрагмальную** – прилегающую к диафрагме.
- ✓ **Средостенную (или медиальную)** – прилегающую к средостению.
- ✓ **Дорсальный тупой позвоночный край** – прилежит к позвонкам.
- ✓ **Противоположный острый край.**

Как правое, так и левое легкое делится на доли:

1. *Верхушечную (краниальную)*
2. *Сердечную (среднюю)*
3. *Диафрагмальную (каудальную)*

На правом легком с медиальной стороны имеется еще одна небольшая доля – добавочная.

На средостенной поверхности имеется углубление – **ворота легкого**, через которые в легкие входят – **основной бронх (главный)**, **легочная артерия**, и **нервы**, а из легкого выходят **легочные вены**. Вместе они образуют **корень легкого**.

### **Внутреннее строение легких**

В основе строения легких лежит разветвленная сеть воздухоносных путей (характеризующаяся альвеолярно-трубчатым строением) и разветвленная сеть кровеносных сосудов.

**Главный бронх** в каждом легком идет каудально, разветвляется на все более и более мелкие **бронхи** – формирует **бронхиальное дерево**.

Более крупные ветви от главного бронха идут по одной в верхушечную, сердечную и добавочные доли (в правом легком) и по 4 дорсальных и 4 вентральных в диафрагмальную долю.

По мере ветвления диаметр бронхов уменьшается, стенки мелких бронхов становятся тоньше, количество мышечной и соединительной ткани уменьшается. Хрящевые кольца преобразуются в **пластинки**, а в самых мелких бронхиолах совсем исчезают. Многорядный мерцательный эпителий постепенно переходит в двурядный, а затем в однослойный мерцательный.

Вся масса легкого (**паренхима**) представлена дольками (у свиньи и жвачных их границы видны невооруженным взглядом). Форма их похожа на пирамиду – основание которой обращено к поверхности, а вершина в глубину.

Через вершину из дольки выходит *вена*, а входят *дольковый бронх и артерия*. Войдя в дольку дольковый бронх разветвляется на **бронхиолы**, диаметром около 1 мм.

**Концевая бронхиола разветвляясь** на 20–30 коротких веточек, образует **альвеолярное дерево**, или легочный ацинус (acinus — гроздь), являющийся основной структурно-функциональной структурой легкого непосредственно в котором и происходит *газообмен*. Каждая ветвь альвеолярного дерева заканчивается **респираторной бронхиолой**, которая со всеми относящимися к ней структурами образует первичную дольку легкого. Респираторный бронх распадается на несколько **альвеолярных канальцев**, открывающихся своими отверстиями в полость **альвеолярного мешочка**. Стенка альвеолярного мешочка образует большое число боковых выпячиваний – легочных **альвеол**, стенки которых содержат густую сеть кровеносных капилляров. Соседние альвеолы отдельно друг от друга межальвеолярными перегородками. Общее количество альвеол в легких у лошади достигает 50 млрд., у кошки – 144 млн., у человека их 600 млн.

Строение основных бронхов такое же, как и у трахеи. Они состоят из хрящевого остова с элементами гладкой мускулатуры; слизистая оболочка покрыта **мерцательным эпителием** и содержит железы. По мере уменьшения диаметра бронхов хрящевые кольца преобразуются в небольшие пластинки, которые в бронхиолах исчезают. С истончением хрящевых колец происходит некоторое усиление мышечной оболочки, но с уменьшением диаметра бронхиол и она истончается. Мерцательный эпителий, выстилающий крупные бронхи, в бронхиолах замещается **кубическим**, а в альвеолах – плоским **респираторным эпителием**. Соединительная ткань легких наряду с коллагеновыми волокнами содержит значительное количество эластических. По мере уменьшения диаметра бронхов количество соединительной ткани постепенно **уменьшается**; она сохраняется лишь в перегородках между дольками и альвеолярными ходами. Легочные альвеолы с поверхности покрыты тончайшей соединительнотканной сеточкой. Большое содержание эластических волокон придает легким эластичность (после вскрытия грудной полости объем легких уменьшается на 1/3) Вот поэтому легкие могут функционировать лишь при участии респираторных мышц. Легкие, кроме легочных артерий, получают кровь из бронхиальной артерии, которая сопровождает ветвление бронхов и питает их. Легкие снабжены двигательными и секреторными нервными волокнами от блуждающего нерва и симпатического ствола, в составе которых проходит большое число и чувствительных нервных волокон от интерорецепторов.

**Плевра** – парная серозная оболочка грудной полости. Ее висцеральный листок прирастает к легким, образуя *легочную плевру*. В зависимости от того какой участок она покрывает различают: **реберную, диафрагмальную, средостенную** плевру.

Между париетальным и висцеральным листками сохраняется щелевидная, герметично замкнутая – **плевральная полость**, имеющая отрицательное давление и небольшое количество плевральной жидкости.

При расширении грудной клетки под действием мышц – инспираторов, легкие растягиваются благодаря присасывающему действию отрицательного давления в плевральных полостях. В легкие засасывается воздух – происходит вдох. Выдох осуществляется пассивно при расслаблении мышц – инспираторов.

### 3. Филогенез и онтогенез органов дыхания

Обмен газами, или дыхание, выражается в поглощении организмом кислорода из окружающей среды (воды или атмосферы) и выделении в окружающую среду углекислого газа как конечного продукта протекающего в тканях окислительного процесса, благодаря которому освобождается необходимая для жизнедеятельности энергия.

Кислород воспринимается организмом различными способами; их в основном можно характеризовать как: 1) диффузное дыхание и 2) дыхание местное, т. е. специальными органами.

**Диффузное дыхание** заключается в поглощении кислорода и выделении углекислого газа всей поверхностью наружного покрова — **кожное дыхание** — и эпителиальной оболочкой пищеварительной трубки — **кишечное дыхание**, т. е. без специально приспособленных для этого органов. Подобный способ газообмена свойствен некоторым типам примитивных многоклеточных животных, как, например, **губкам, кишечнополостным и плоским червям**, и обуславливается отсутствием у них системы кровообращения.

**Диффузное дыхание** присуще только организмам, у которых **объём тела мал, а поверхность его относительно обширна.**

При интенсивных проявлениях жизни, несмотря на малый объём тела, необходимо увеличение его площади соприкосновения со средой, содержащей кислород, и особые приспособления для ускорения вентилирования дыхательных путей. Увеличение площади обмена газами достигается развитием специальных органов дыхания.

**Специальные органы** дыхания значительно варьируют в деталях построения и местоположения в организме. Для водных животных такими органами служат **жабры**, для наземных — **трахеи** у беспозвоночных, а у позвоночных — **лёгкие**.

**Жаберное дыхание.** Жабры бывают **наружные** и **внутренние**. **Примитивные наружные жабры** представляют простое выпячивание **ворсинчатых отростков кожного покрова**, обильно снабжённых капиллярными сосудами. Такие жабры в некоторых случаях своей функцией мало чем отличаются от **диффузного дыхания**, являясь лишь более высокой его ступенью. Обычно они концентрируются в передних участках тела.

**Внутренние жабры** формируются из складок слизистой оболочки начального участка пищеварительной трубки между жаберными щелями. Прилежащий к ним кожный покров образует обильные разветвления в виде лепестков с **большим количеством капиллярных кровеносных сосудов.**

Внутренние жабры часто бывают прикрыты **специальной складкой кожного покрова** (жаберной крышкой), движения которой улучшают условия обмена, усиливая приток воды и удаляя использованные её порции.

**Внутренние жабры** свойственны **водным позвоночным**, причём акт газообмена у них **усложняется** пропуском порций воды к жаберным щелям через ротовую полость и движениями жаберной крышки. Кроме того, **жабры у них включены в круг кровообращения**. К каждой жаберной дуге подходят свои сосуды, и, таким образом, одновременно осуществляется более высокая дифференциация системы кровообращения.

При жаберных способах газообмена может сохраняться и кожное дыхание, но настолько слабое, что оно отодвигается на задний план.

**Лёгочное дыхание** — весьма совершенный способ газообмена, легко обслуживающий организмы массивных животных. **Оно свойственно наземным позвоночным**: амфибиям (не в личиночном состоянии), рептилиям, птицам и млекопитающим. К акту газообмена, сосредоточенного в лёгких, присоединяется ряд органов с иными функциями, вследствие чего лёгочный способ дыхания требует развития очень сложного комплекса органов.

Сравнивая **водные и наземные типы дыхания** позвоночных, следует иметь в виду одно важное анатомическое их различие. При жаберном дыхании порции воды одна за другой поступают в примитивный рот и выпускаются **через жаберные щели**, где сосудами жаберных складок из неё извлекается кислород. Таким образом, аппарату жаберного дыхания позвоночных свойственны входное и ряд выходных отверстий. **При лёгочном дыхании** для введения и выведения воздуха используются **одни и те же отверстия**. Эта особенность, естественно, связана с необходимостью вбирать и выталкивать порции воздуха для более быстрого вентилирования площади газообмена, т. е. с необходимостью расширения и сужения лёгких.

Можно допустить, что у отдалённых, более примитивных предков позвоночных в стенках преобразующегося в лёгкое плавательного пузыря была самостоятельная мускульная ткань; её периодическими сокращениями воздух выталкивался из пузыря, а в результате его расправления в силу эластичности пузырных стенок набиралась свежая порция воздуха. Эластичная ткань, наряду с хрящевой, и теперь господствует в качестве опоры в органах дыхания.

В дальнейшем, с повышением жизнедеятельности организмов, такой механизм дыхательных движений становился уже несовершенным. В истории развития он был замещён силой, сосредоточенной или в ротовой полости и переднем участке трахеи (амфибии), или в стенках грудной и брюшной полостей (рептилии, млекопитающие) в виде специально дифференцированной части туловищной мускулатуры (дыхательные мускулы) и, наконец, диафрагмы. Лёгкое подчиняется движениям этой мускулатуры, расширяясь и суживаясь пассивно, и сохраняет необходимую для этого эластичность, а также небольшой мышечный аппарат как подсобное приспособление.

Газообмен в лёгких у наземных позвоночных, так же как у водных, теснейшим образом связан с системой кровообращения посредством организации обособленного, дыхательного, или малого, круга кровообращения.

**Основные структурные изменения** в организме при лёгочном дыхании сводятся: **1)** к увеличению соприкосновения рабочей площади лёгких с воздухом и **2)** к весьма тесной и не менее обширной связи этой площади с тонкостенными капиллярами круга кровообращения.

**Функция дыхательного аппарата** — пропускать в свои многочисленные каналы воздух для газообмена — говорит за характер его построения в виде открытой, зияющей системы трубок. Их стенки, по сравнению с мягкой кишечной трубкой, слагаются из более твёрдого **опорного материала**; местами в виде костной ткани (носовая полость), а главным образом в виде **хрящевой ткани** и легко податливой, но быстро возвращающейся к норме упругой ткани.

Слизистая оболочка дыхательных путей выстлана специальным **мерцательным эпителием**. Лишь на немногих участках он видоизменяется в другую форму в соответствии с другими функциями данных участков, как, например, в обонятельной области и в местах самого газообмена.

На протяжении лёгочного дыхательного тракта останавливают на себе внимание **три своеобразных участка**. Из них начальный — **носовая полость** — служит для восприятия воздуха, обследуемого здесь на запах. **Второй участок** — **гортань** — является приспособлением для изолирования дыхательного тракта от пищеварительного пути при проходе пищевого кома через глотку, для образования звуков и, наконец, для производства кашлевых толчков, выбрасывающих из дыхательных путей слизь. **Последний участок** — **лёгкие** — представляют орган непосредственного обмена газами.

Между носовой полостью и гортанью располагается общая с пищеварительным аппаратом полость глотки, а между гортанью и лёгким тянется дыхательное горло, или трахея. Таким образом, проходящий воздух используется описанными расширяющимися участками в **трёх различных направлениях**: **а)** восприятия запахов, **б)** приспособления для образования звуков и, наконец, **в)** газообмена, из которых последнее — основное.

**Носовая полость** исторически развивалась в связи с органом обоняния. У примитивных водных позвоночных — предков наземных позвоночных — орган обоняния, вероятно, представлял парные обонятельные ямки, т. е. углубления кожного эпителия над (перед) входом в примитивный рот. Эти ямкообразные приспособления с обонятельными клетками на дальнейших этапах эволюции **изменились** в продольные углубления в виде парных **обонятельных желобков**, причём удлинение происходило или в сторону спинки лицевого отдела головы, или в сторону ротового отверстия, к краю верхней губы.

Преимущество желобообразной формы обонятельного приспособления заключается в том, что при движении животного вперёд вода в желобе свободно и постоянно сменяется и омывает непрерывно новыми порциями

обонятельное поле. Когда желобок направляется к спинке лицевого отдела, бока его срастаются в среднем участке и в результате образуется обонятельный канал с двумя наружными отверстиями — **входным** и **выходным**. Выпячиваниями стенки канала формировались складки обонятельного поля. В таком виде парный орган обоняния построен у большинства рыб.

При направлении правого и левого желобков по нижней стороне лицевого отдела к ротовой полости бока их также срастаются в среднем участке, вследствие чего появляется ход с двумя отверстиями. Передние парные отверстия становятся воспринимающими, т. е. **ноздрями**, а задние, открывающиеся в ротовую полость — **хоанами**. Стенка хода равным образом формирует складки с обонятельным эпителием. Такой путь развития имеет место у двудышащих рыб.

При переходе на сушу обследованию на запах подвергалась уже воздушная среда; оно совершенствовалось по мере того, как воздух не только касался органа обоняния, но и стал втягиваться в него, что и осуществилось в поколениях путём смыкания краёв обонятельных желобков, или носовых борозд. На это указывает характер эмбрионального преобразования на лицевом отделе головы млекопитающих. В конечном итоге животное при замкнутом входе в ротовую полость могло свободно втягивать и проталкивать воздух дальше вглубь параллельно изменяющегося аппарата воздушного дыхания.

Таким путём наружные парные отверстия органов обоняния становились носовыми отверстиями — **ноздрями**, ротовые отверстия — **примитивными хоанами**, а обонятельная область — **примитивной носовой полостью**. Обонятельное поле канала благодаря выпячиванию стенки увеличивалось, а проходящий воздух мог использоваться в двух направлениях — **обследования на запах** и продвижение в лёгкие для **газообмена**.

Примитивные хоаны открываются в передней части ротовой полости, и дыхание в момент кратковременного пребывания пищи в ротовой полости прерывается.

**Дальнейшие изменения** сводились к улучшению доступа воздуха в дыхательную трубку путём увеличения примитивной носовой полости и приближения её выходного отверстия (**хоан**) к началу воздухопровода. Это стало возможным с началом развития вторичной фронтальной перегородки, возникшей в результате схождения к средней **сагиттальной линии** двух боковых (правой и левой) складок слизистой оболочки примитивного рта с вправленными в них нёбными отростками верхнечелюстных и резцовых костей. Такое явление наблюдается у **рептилий**. Новая перегородка рельефнее **делила** примитивный рот на два отдела. Из них дорзальный (верхний) сформировался в более ёмкую окончательную **носовую полость**, в которой на складчатой слизистой оболочке размещается обширный орган обоняния. Эта же полость служила и начальным этапом дыхательного тракта. Вентральный (нижний) отдел остался приспособленным к захвату пищи, т. е.

преобразовался в дефинитивную **ротовую полость**, и продолжал, следовательно, играть роль начального этапа пищеварительного тракта.

Эти последовательные изменения, закреплявшиеся отбором, принесли животным большую пользу, завершившись образованием двух особых ходов для воздуха, облегчивших **независимую работу** органам ротовой полости. При таком взаимоотношении с пищеварительным трактом дыхание прерывается лишь на момент прохождения приготовленного в ротовой полости пищевого кома через глотку, в которую открываются хоаны из носовой полости. Ещё более совершенное разделение дыхательных путей и пищеварительного тракта наблюдается у крокодилов и млекопитающих в результате изоляции глотки от ротовой полости развившейся нёбной занавеской.

**Гортань** — larynx — представляет сложный орган дыхания, подвешенный к подъязычной кости и связанный с одной стороны с глоткой и языком, а в направлении шеи — с трахеей. Её строение обеспечивает, **во-первых**, изолирование дыхательного пути при прохождении через глотку твёрдого корма и жидкостей, **во-вторых**, способность издавать звуки.

Подвижный в своих составных частях остов гортани служит местом прикрепления мускулатуры глотки и собственных мускулов гортани. Всё это объясняет особую сложность строения гортани, имеющую свою историю, обусловленную редукцией части жаберного аппарата.

Воздухопровод сформирован в виде открытой зияющей трубки, что благоприятствует свободному прохождению через него воздуха. В рассматриваемом его участке вначале был простой мускульный кольцеобразный запирающий — сфинктер, сокращавшийся во время продвижения пищи через глотку в пищевод. Таким путём предотвращалось попадание её в дыхательный путь.

Постоянное зияние трубки стало возможным в результате появления в её стенке твёрдой, но гибкой опорной хрящевой ткани, сначала, по видимому, в гортани, а затем на всём протяжении остального проводящего воздух пути. Так, по бокам входа в **гортань** у хвостатых амфибий развилось по одной хрящевой пластинке; они представляли здесь изменённые остатки 5-й (или 6-й) пары **висцеральных дуг**. Парные **боковые хрящи** — cartilagine laterales — в дальнейшем слились (уже у некоторых рептилий) в полное кольцо — **кольцевидный**, или **перстневидный**, хрящ—cartilago cricoidea — который у высших млекопитающих снабжён дорзальной краниально, вероятно, за счёт остатков 4-й висцеральной дуги. От боковых же хрящей отделились: **а)** в сторону глоточного отверстия—добавочные **черпаловидные хрящи** — cartilagine arytaenoideae; одетые слизистой оболочкой, они выполняли роль клапанов при входе в гортань; **б)** в сторону **лёгких** — хрящевые пластинки как будущие хрящи трахеи и бронхов.

Из остатков 4 и 5-й висцеральных дуг только у млекопитающих возник **щитовидный хрящ** гортани — cartilago thyreoidea; к нему впереди присоединилась складка слизистой оболочки, образующая третий непарный клапан входа в гортань — надгортанник — epiglottis.

В его толще впоследствии также появилась **хрящевая пластинка** — *cartilago epiglottidis*. Этот клапан располагается против парных **черпаловидных складок**, представляя с последними одно функциональное приспособление, изолирующее гортань в момент глотания.

В то время как кольцевидный хрящ служит главной поддерживающей структурой гортани, щитовидный хрящ образует вентральную и боковые её стенки, а также связывает своими рожками кольцевидный хрящ с подъязычной костью. Весь хрящевой остов гортани создаёт необходимую опору сложному сочетанию мускулов, открывающих и закрывающих вход в **гортань**, или, точнее, управляющих клапанами гортани и **голосовыми губами**. Последние занимают место внутри гортани в виде парных боковых складок слизистой оболочки, приспособленных для издавания звуков.

**Трахея** — *trachea* — с эволюционным развитием и удлинением шеи наземных позвоночных постепенно удлинялась. Особенности её строения обуславливаются **двумя факторами**. Во-первых, как проводник воздуха она **не спадается** и, следовательно, обладает твёрдым остовом. **Во-вторых**, находясь в подвижном участке тела (шейном), она свободно следует за перемещениями шейного рычага, чему способствует заложенный в ней не сплошной хрящевой остов, а расчленённый на серию не вполне замкнутых хрящевых колец, скреплённых между собой соединительной тканью.

**Лёгкие** — *pulmones* — произошли путём изменения и усложнения из примитивного плавательного пузыря. Дальнейшее развитие этого органа можно свести главным образом к увеличению соприкосновения рабочей площади лёгких с воздухом. На более примитивных стадиях лёгочного дыхания — у амфибий — эти площади сравнительно небольшие. У них каждое лёгкое можно рассматривать как одну большую альвеолу — пузырёк с гладкими внутренними стенками. Среди тех же амфибий имеются разновидности с лёгкими в виде большого альвеолярного мешка, т. е. мешка с многочисленными мелкими альвеолами, или пузырьками. У рептилий существуют типы лёгких, обнаруживающих дальнейшие этапы увеличения внутренней газообменной поверхности. У одних из них лёгкие представляют орган с многочисленными мелкими альвеолярными мешками, причём центральный, более узкий, ход в лёгких напоминает формирующийся главный бронх. У тех же рептилий можно встретить лёгкие с ещё более сложной внутренней газообменной поверхностью, где ясно выступает главный бронх, отдавая от себя разветвления; за ними уже следуют многочисленные альвеолярные мешки.

У млекопитающих площадь газообмена лёгких весьма обширна. Разветвлениями главного бронха формируется сложное «бронхиальное дерево»; конечные бронхи распадаются на альвеолярные (респираторные) бронхиолы, за которыми следуют альвеолярные ходы и альвеолярные мешки.

В структуре лёгкого отчётливо видны следующие особенности, обеспечивающие: **1)** наиболее обширную площадь соприкосновения воздуха со стенками работающих участков; **2)** условия близкого подхода воздуха в

работающих участках к притекающей венозной крови, ввиду чего стенки соприкосновения для большей быстроты и свободы газообмена оказываются в высшей степени тонкими.

## ОНТОГЕНЕЗ ЛЁГКИХ

Дыхательный путь — гортань, трахея и лёгкие — вначале возникает в виде продольного желобообразного впячивания вентральной стенки ротоглотки непосредственно позади четвёртого глоточного кармана. У начала желоба обособляется зачаток гортани, причём по сторонам углубления появляются подушкообразные утолщения как черпаловидные закладки, а впереди него — поперечный валик как зачаток надгортанника. Затем в участке четвёртой жаберной дуги появляются закладки щитовидного и кольцевидного хрящей.

Задний участок желобообразного углубления ещё ранее образования гортани отдаёт вырост — **закладку лёгких**. На своём конце вырост быстро делится на два лёгочных отростка — зачатки правого и левого лёгких.

Трахея развивается из промежуточного участка желобообразного углубления дыхательного пути, отделяясь от пищевода боковыми продольными складками внутренней стенки передней кишки, растущими друг другу навстречу; эти же складки впереди обособляют зачаток гортани.

Правый и левый лёгочные стебли, вырастая в стволовые бронхи, дают отпрыски по количеству долей лёгких: на левом лёгком отходят три первичные ветви, а на правом — четыре. Каждая первичная ветвь делится на ряд вторичных ветвей и так далее, формируя бронхиальное дерево. Альвеолы развиваются в виде складочек внутри просвета альвеолярных бронхов, альвеолярных ходов и альвеолярных мешков (воронок).

Зачаток лёгких врастает в вентральную брыжейку (мезентерий) серозной оболочки целома и, превращаясь в правое и левое лёгкие, заполняет правый и левый плевральные мешки, увлекая за собой серозный листок средостения. Этот листок становится лёгочной плеврой. Пищевод остаётся в средостении.

Сердце смещается назад, в грудную полость и заканчивает свой цикл развития также в вентральном мезентерии грудной полости под лёгкими. Над ним с боковых сторон перемещаются к мезентерию правый и левый протоки Кювье, увлекая за собой складки париетального листка серозной оболочки.

Эти (правая и левая) складки отделяют перикардальную (околосердечную) полость от дорзальных плевральных полостей. Вентральный острый край лёгких постепенно облегает околосердечную полость, приближаясь к своему нормальному положению в сформировавшемся организме.