

УО «ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра фармакологии и физиологии

**«Физиология дыхания»**

**Учебно-методическое пособие для студентов специальностей**

**1 74.03.01 «Зоотехния»**

**1 74.03.02 «Ветеринарная медицина»**

Гродно-2012

Составитель:

**Величко М.Г.**, профессор, доктор медицинских наук, профессор кафедры физиологии и биохимии животных;

Рецензент: Малашко В.В., доктор ветеринарных наук, профессор

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к печати методической комиссией факультета ветеринарной медицины ГРАУ  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 200\_\_ г)

**В учебно-методическом пособии** приводятся теоретические сведения, излагаются методические указания, даются необходимые справочные материалы и схемы, вопросы и тестовые задания для самоконтроля. Темы разработанных занятий включают основные вопросы физиологии дыхания. В лабораторном практикуме для каждой работы сформулирована цель, материалы и оборудование. Литература,

**Учебно-методическое пособие** по разделу «Физиология дыхания» составлено на основании учебной программы для высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальностям: 1 74.03.01 «Зоотехния» и 1 74.03.02 «Ветеринарная медицина» утвержденной Главным управлением образования и кадров Министерством Сельского Хозяйства и Продовольствия Республики Беларусь 5 марта 2009 года Регистрационный № ТД 3 / тип.

**Вопросы учебной программы:**  
**ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ**

Сущность и эволюционное развитие процессов дыхания. Механизмы вдоха и выдоха. Отрицательное межплевральное давление и его роль в дыхании. Типы и частота дыхания у животных разных видов. Защитные дыхательные рефлексы. Жизненная и общая емкость легких. Легочная вентиляция. Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха. Газообмен между альвеолярным воздухом и кровью. Кислородная емкость крови. Транспорт кислорода кровью. Обмен газов между кровью и тканями. Транспорт углекислого газа кровью.

Регуляция дыхания. Дыхательный центр, его функция. Нервная и гуморальная регуляция дыхания. Саморегуляция дыхания. Понятие о кислородной задолженности. Взаимосвязь дыхания и кровообращения. Механизм первого вдоха.

Дыхание при мышечной деятельности, пониженном и повышенном атмосферном давлении. Изменения в дыхании у животных в связи с возрастом, продуктивностью и условиями содержания. Особенности дыхания у молодняка сельскохозяйственных животных. Дыхание у птиц.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

1. Сущность и эволюционное развитие процессов дыхания.
2. Строение дыхательной системы
3. Функции воздухоносных путей.
4. Функции сурфактанта
5. Особенности кровоснабжение легких
6. Легочное дыхание
7. Механизмы вдоха и выдоха.
8. Жизненная и общая емкость легких.
9. Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха.
10. Функции легких, не связанные с газообменом.
11. Транспорт кислорода кровью. Обмен газов между кровью и тканями.
12. Транспорт углекислого газа кровью.
13. Дыхательный центр, его функция.
14. Нервная и гуморальная регуляция дыхания.
15. Взаимосвязь дыхания и кровообращения.
16. Дыхание у птиц.
17. Лабораторный практикум
18. Вопросы
19. Тесты по теме « Физиология дыхания»
20. Литература

## 1. Сущность и эволюционное развитие процессов дыхания

Совокупность процессов, обеспечивающих обмен кислородом и углекислым газом между внешней средой и тканями организма, называется дыханием, а совокупность органов, обеспечивающих дыхание, — системой органов дыхания (рис. 1).

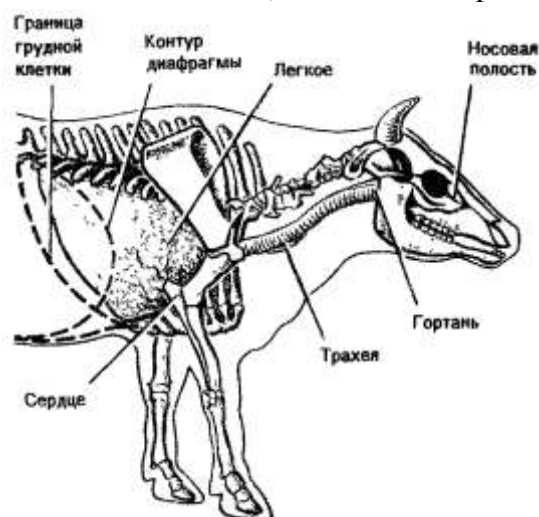


Рис. 1. Схема органов дыхания у крупного рогатого скота.

Функции дыхательной системы:

обеспечение клеток организма необходимым количеством кислорода и выведение из организма углекислого газа.

Эволюция дыхательной системы

1. Диффузионный транспорт газов через поверхность тела (простейшие).
2. Появление системы конвекционного переноса газов кровью (гемолимфой) к внутренним органам, появление дыхательных пигментов (черви).
3. Появление специализированных органов газообмена: жабры (рыбы, моллюски, ракообразные), трахеи (насекомые).
4. Появление системы принудительной вентиляции органов дыхания (наземные позвоночные)

Этапы газообмена:

1. Конвекционный транспорт воздуха из атмосферы в альвеолы легких (легочная вентиляция, т. е. газообмен между легкими и внешней средой).

2. Диффузия газов из воздуха альвеол в кровь легочных капилляров т.е. обмен газов в легких между альвеолярным воздухом и капиллярами малого круга кровообращения (вместе с 1-й стадией называется внешним дыханием).

3. Конвекционный транспорт газов кровью: кислорода от капилляров легких к капиллярам тканей и углекислого газа от тканей к капиллярам легких

4. Обмен газов между кровью капилляров большого круга кровообращения и тканевой жидкостью;

5. Диффузия газов из капилляров в ткани (тканевое дыхание) внутриклеточное дыхание — многоступенчатый ферментативный процесс окисления субстратов в клетках (рассматривается в курсе биохимии).

Выпадение или торможение любого из этих звеньев приводит к нарушению дыхания и создает опасность для жизни животного.

Основной физический процесс, который обеспечивает перемещение кислорода из внешней среды к клеткам и углекислого газа в обратном направлении, — это *диффузия*, т. е. движение газа в виде растворенного вещества по градиентам концентрации.

## **2. Строение дыхательной системы:**

Относительная масса легких у млекопитающих мало зависит от массы тела и составляет в среднем 0,6—0,8 %. У животных с интенсивным дыханием — собак, лошадей, овец и особенно диких копытных — этот показатель выше (1,1 —1,4 %)

1. Воздухоносные пути (нос, ротовая полость, глотка, гортань, трахея)

2. Легкие:

- бронхиальное дерево. Бронх каждого легкого дает более 20 последовательных ветвлений. Бронхи – бронхиолы – терминальные бронхиолы – дыхательные бронхиолы – альвеолярные ходы. Альвеолярные ходы заканчиваются альвеолами.

Альвеола представляет собой мешочек из одного слоя тонких эпителиальных клеток, соединенных плотными контактами. Морфологической и функциональной единицей легкого является так называемый ацинус (лат. *acinus* — виноградная ягода), представляющий собой одно из разветвлений терминальной бронхиолы. Ацинус включает респираторную (дыхательную) бронхиолу и альвеолярные ходы, которые заканчиваются альвеолярными мешочками. Один ацинус содержит 400—600 альвеол; 12—20 ацинусов образуют легочную дольку. В целом ацинусы составляют около 90 % всего объема легких.

Внутренняя поверхность альвеолы покрыта слоем сурфактанта

3. сосуды и капилляры.

4. Легкое покрыто снаружи висцеральной плевральной мембраной. Parietalная плевральная мембрана покрывает изнутри грудную полость. Пространство между висцеральной и париетальной мембранами называется плевральной полостью.

5. Скелетные мышцы, участвующие в акте дыхания (диафрагма, внутренние и наружные межреберные, мышцы брюшной стенки).

### **3. Функции воздухоносных путей.**

Воздухоносные пути (нос, ротовая полость, глотка, гортань, трахея)

В воздухоносных путях происходит увлажнение, согревание, очищение воздуха, восприятие обонятельных раздражений, регуляция объема вдыхаемого воздуха.

Согревается и очищается воздух главным образом в носовой полости — средних и нижних носовых ходах. Слизистая оболочка их хорошо развита, обильно снабжена поверхностно расположенными кровеносными сосудами, содержит много слизистых желез.

Колебания ресничек мерцательного эпителия по направлению движения вдыхаемого воздуха (в трахее и бронхах — по направлению выдыхаемого воздуха) изгоняют вместе со слизью инородные частицы, загрязняющие дыхательные пути. Воздух, поступающий в легкие, практически стерилен, насыщен водяными парами и согрет до температуры тела. Отдельные чужеродные частицы, попавшие в легкие, захватываются и перевариваются альвеолярными макрофагами.

В глубине верхнего носового хода имеется участок, называемый «обонятельным лабиринтом». Здесь находятся рецепторы, являющиеся периферическими нейронами трехнейронного обонятельного пути. Благодаря рецепторам осуществляется анализ вдыхаемого воздуха.

Верхние дыхательные пути выполняют также рефлекторную функцию. Импульсы, возникающие при раздражениях их термо-или хеморецепторов, передаются в дыхательный и моторные нервные центры, вызывая соответствующую реакцию. Так осуществляются защитные дыхательные рефлексы, например задержка дыхания при вдыхании аммиака или других раздражающих веществ, рефлексы кашля и чихания при раздражении дыхательных путей слизью, пылью, химическими раздражителями.

Рефлексы слизистых оболочек: кашлевой рефлекс — проверяется путем сдавливания первых колец трахеи; чихательный — проявляется в чихании или фырканьи животного при раздражении слизистой оболочки носа легким предметом.

Раздражение терморецепторов при вдыхании холодного воздуха вызывает повышение обмена и теплопродукции путем вовлечения в реакцию щитовидной железы через систему гипоталамус — гипофиз- щитовидная железа. С точки зрения дыхательной функции воздух, находящийся в верхних дыхательных путях, мало полезен. Он не участвует в газообмене, поэтому его называют воздухом мертвого, или вредного, пространства. Объем этого воздуха не очень велик (20—30 % от вдыхаемого за один вдох в покое), но его следует учитывать при анализе газообмена, чтобы понять причины различий между атмосферным и альвеолярным воздухом.

### **4. Функции сурфактанта**

Сурфактант выполняет следующие основные функции:

препятствует спадению альвеол на выдохе;

защищает эпителий легких от повреждений и способствует мукоцилиарному клиренсу;

обладает бактерицидной активностью и стимулирует макрофагальную реакцию в легких;

участвует в реакции микроциркуляции в легких и проницаемости стенок альвеол, препятствует развитию отека легких.

основные функции сурфактанта:

здесь все ответы правильны(значительно уменьшает поверхностное натяжение альвеол при выдохе и препятствует их спадению; минимизирует энергозатраты на дыхание; способствует переключению дыхания с одних альвеол на другие вследствие "состаривания" сурфактанта; способствует выведению в бронхи из альвеол плотных частиц и капелек жидкостей; препятствует испарению воды с поверхности альвеол)

Синтез сурфактанта стимулируют глюкокортикоиды, тиреоидные гормоны, эстрогены, адреналин и норадреналин, пролактин, аминифиллин, бета-адренергические препараты.

## **5. Особенности кровоснабжение легких.**

1. Питательный кровоток. Артериальная кровь поступает в ткань легких по бронхиальным артериям (ответвляются от аорты). Эта кровь снабжает ткань легких кислородом и питательными веществами. После прохождения через капилляры венозная кровь собирается в бронхиальные вены, которые впадают в легочную вену.

2. Дыхательный кровоток. Венозная кровь поступает в легочные капилляры по легочным артериям. В легочных капиллярах кровь обогащается кислородом и по легочным венам артериальная кровь поступает в левое предсердие.

## **6. Легочное дыхание**

Легочное дыхание включает в себя первые два этапа дыхания: 1) обмен воздуха между внешней средой и легкими; 2) обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью. Легочное дыхание (называемое еще внешним) осуществляется за счет деятельности аппарата внешнего дыхания. К нему относятся воздухоносные пути, легкие, скелет и мышцы грудной клетки, диафрагма.

В процессе легочного дыхания атмосферный воздух поступает через воздухоносные пути в легкие во время вдоха. При выдохе воздух с повышенным содержанием углекислого газа выводится тем же путем в окружающую среду.

В альвеолах происходит диффузия кислорода в кровь и диффузия углекислого газа из крови в альвеолярный воздух.

Механизм легочного дыхания. Движение воздуха в легкие и из легких в окружающую среду обусловлено изменением давления внутри легких. Когда легкие расширяются, давление в них становится ниже атмосферного (на 5—8 мм рт. ст.) и воздух насасывается в легкие; когда легкие спадаются, воздух выжимается, давление в них становится выше атмосферного (на 3—4 мм рт. ст.). Следовательно, легкие должны периодически расширяться и спадаться. Однако легкие не имеют собственных мышц и не могут расширяться и спадаться активно. Их движения пассивно следуют за движениями грудной клетки при актах вдоха или выдоха. Во время вдоха (инспирация) размеры грудной клетки увеличиваются, во время выдоха (экспирация) — уменьшаются. Акт вдоха обеспечивается сокращением наружных межреберных мышц и диафрагмы. Межреберные мышцы приподнимают ребра, слегка поворачивают их вокруг оси и отводят в стороны и вперед, а грудину — вниз. В результате



сокращения диафрагмы купол ее уплощается и отходит назад. Объем грудной клетки при этом увеличивается в трех направлениях — вертикальном, сагиттальном (переднезаднем) и фронтальном

грудной клетки или диафрагмы различают грудной, или реберный, и брюшной, или диафрагмальный типы дыхания. У большинства сельскохозяйственных животных тип дыхания — смешанный (грудобрюшной), у собак — преимущественно грудной.

При выдохе расслабляются дыхательные мышцы и грудная клетка в силу своей тяжести и эластичности реберных хрящей возвращается в исходное положение. Диафрагма расслабляется, купол ее вновь становится выпуклым (рис. 170, 1). Таким образом, в покое выдох происходит пассивно, вследствие окончания вдоха.

## **7. Механизмы вдоха и выдоха**

Вентиляция легких осуществляется благодаря периодическим изменениям объема грудной полости. Увеличение объема грудной полости (вдох) осуществляется сокращением инспираторных мышц, уменьшение объема (выдох) — сокращением экспираторных мышц.

Инспираторные мышцы:

- наружные межреберные мышцы — сокращение наружных межреберных мышц поднимает ребра кверху, объем грудной полости увеличивается.

- диафрагма — при сокращении собственных мышечных волокон диафрагма уплощается и отходит книзу, увеличивая объем грудной полости.

Экспираторные мышцы:

- внутренние межреберные мышцы — сокращение внутренних межреберных мышц опускает ребра книзу, объем грудной полости уменьшается.

- мышцы брюшной стенки — сокращение мышц брюшной стенки приводит к подъему диафрагмы и опусканию нижних ребер, объем грудной полости уменьшается.

При спокойном дыхании выдох осуществляется пассивно — без участия мышц, за счет эластической тяги растянутых при вдохе легких. Во время форсированного дыхания выдох осуществляется активно — за счет сокращения экспираторных мышц.

Вдох: инспираторные мышцы сокращаются — объем грудной полости увеличивается — париетальная мембрана растягивается — объем плевральной полости увеличивается — давление в плевральной полости падает ниже атмосферного — висцеральная мембрана подтягивается к париетальной — объем легкого увеличивается за счет расширения альвеол — давление в альвеолах падает — воздух из атмосферы поступает в легкое.

Выдох: инспираторные мышцы расслабляются, растянутые эластические элементы легких сжимаются, (экспираторные мышцы сокращаются) — объем грудной полости уменьшается — париетальная мембрана сжимается — объем плевральной полости уменьшается — давление в плевральной полости повышается выше атмосферного — давление сдавливает висцеральную мембрану — объем легкого уменьшается за счет сдавливания альвеол — давление в альвеолах растет — воздух из легкого выходит в атмосферу.

## **8. Жизненная и общая емкость легких Вентиляция легких.**

*Вентиляцией называют процесс обновления газового состава альвеолярного воздуха при вдохе и выдохе.* Интенсивность вентиляции определяется глубиной вдоха и частотой дыхательных движений.

Глубину вдоха определяют по амплитуде движений грудной клетки, а также с помощью специальных методов, позволяющих измерить легочные объемы. Частоту дыхательных движений можно подсчитать по числу экскурсий грудной клетки за определенный промежуток времени. Эта величина в покое характерна для каждого вида животных; она зависит от возраста, физиологического состояния, пола и продуктивности животных.

В любом возрасте частота дыхательных движений в 4—5 раз меньше частоты сердечных сокращений (кроме рыб).

Обычно при оценке вентиляции легких используют такой показатель, как *минутный объем дыхания*. Его вычисляют путем умножения объема воздуха, поступившего в легкие за один вдох (дыхательного объема), на число дыхательных движений в минуту. При одинаковом минутном объеме дыхания и прочих равных условиях эффективнее более редкое, но более глубокое дыхание.

В состоянии покоя лошадь вдыхает и выдыхает при каждом дыхательном цикле 5—6 л воздуха. При частоте дыхания 12 в 1 мин минутный объем будет составлять 60—70 л. При легкой работе минутный объем возрастает до 150—200 л, а при напряженной работе — до 400—500 л. У коров средней продуктивности минутный объем воздуха 25—30 л. Иногда легочную вентиляцию выражают в л/ч на 100 кг живой массы.

Помимо дыхательного объема, животное при глубоком вдохе может вдохнуть еще некоторое количество воздуха. Этот объем воздуха называется *дополнительным, или резервным объемом вдоха*. У лошадей он составляет 12—15 л, у коров — 5—7 л. Примерно половину этого количества воздуха животное может выдохнуть после обычного спокойного выдоха путем усиленного выдоха. Этот последний объем называют *резервным объемом выдоха*. Таким образом, очевидно, что при нормальном дыхании грудная клетка не расширяется и не сдается, до предела, т. е. ее мышцы не работают в максимальном режиме.

В сумме все три фракции (дыхательный, дополнительный и резервный объемы) составляют *жизненную емкость легких*. Определить эту величину можно путем измерения объема максимального выдоха после предшествующего максимального вдоха. У животных ее определяют при вдыхании газовой смеси с высоким содержанием двуокиси углерода.

Особенностью дыхания является то, что легкие никогда полностью не освобождаются от воздуха и не спадаются (растяжение альвеол вследствие отрицательного давления в грудной полости). Даже при максимальном выдохе в легких остается значительное количество воздуха, называемого *остаточным объемом*. Этот воздух остается в легких и после смерти (кусочек легкого не тонет в воде). В состав жизненной емкости легких остаточный воздух не входит.

За счет легочной вентиляции частично обновляется альвеолярный воздух и в нем поддерживается давление кислорода и углекислого газа на уровне, обеспечивающем нормальный газообмен. В процессе дыхания животное не может пополнить легкие только свежим воздухом, так как вдыхаемый воздух всегда смешивается с воздухом, оставшимся в альвеолах и мертвом пространстве. Так, при дыхании в спокойном состоянии перед началом

вдоха в легких лошади может содержаться 24 л воздуха. Во время вдоха в легкие входит 3,75 л (дыхательный объем 5 л, но 1/4 его заполняет мертвое пространство). Таким образом, воздух обновляется на 1/5—1/6 часть. В результате состав газа в альвеолах остается достаточно постоянным и не меняется даже при физической нагрузке.

Анатомическим мертвым пространством (АМП) называют объем дыхательных путей легких, потому что в них не происходит газообмена. Объем АМП у взрослого человека ~150 мл.

Под функциональным мертвым пространством (ФМП) понимают все те участки легких, в которых не происходит газообмен. Объем ФМП складывается из объема АМП и объема альвеол, в которых не происходит газообмен. У здорового человека объем ФМП превышает объем АМП на 5-10 мл.

Альвеолярная вентиляция (АВ) – часть МОД, достигающая альвеол.

## 9. Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха

Обмен газов в легких. В альвеолах легких кислород и углекислый газ обмениваются между воздухом и венозной кровью, находящейся в капиллярах малого круга. Для понимания механизма этого процесса следует сравнить газовый состав атмосферного, альвеолярного и выдыхаемого воздуха (табл. 1).

Таблица 1

Газовый состав воздуха (в среднем, %)\*

Воздух	Содержание газов		
	кислород	углекислый газ	азот + инертные газы
Вдыхаемый	20,94	0,03	79,03
Выдыхаемый	16,30	4,00	79,70
Альвеолярный	14,20	5,20	80,60

\* В расчете на сухой воздух, без содержания водяных паров

Выдыхаемый воздух содержит больше кислорода и меньше углекислого, газа в сравнении с альвеолярным. Это закономерно, если иметь в виду, что выдыхаемый воздух представляет собой смесь альвеолярного воздуха и воздуха вредного пространства (в соотношении примерно 7:3)(рис. 2).

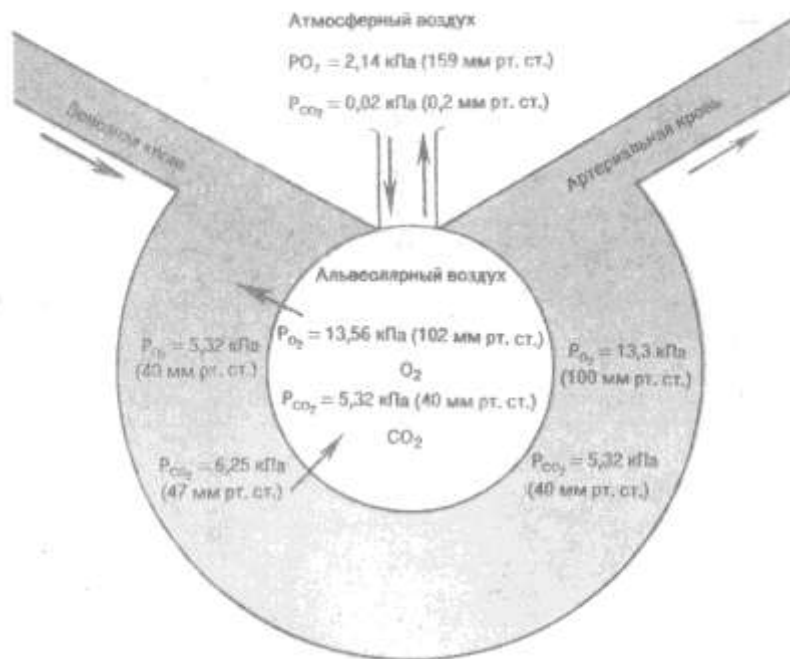


Рис. 2. Схема диффузии газов через аэрогематический барьер.

Величина диффузии газов между альвеолами и кровью определяется чисто физическими законами, действующими в системе газ — жидкость, разделенной полупроницаемой мембраной.

*Парциальное давление* (от лат. *partialis* — частичный) — это давление газа, входящего в состав газовой смеси, которое он оказывал бы при той же температуре, занимая один весь объем (выражается в паскалях или мм рт. ст.). Сумма парциальных давлений отдельных газов, входящих в смесь, составляет общее давление данной смеси.

Определяется парциальное давление как произведение процентного содержания данного газа на общее давление газовой смеси.

Применительно к жидкости, в том числе и крови, используют термин не давление, а *напряжение газа*, имея в виду, что растворенный в жидкости газ не оказывает измеримого давления. Поскольку, однако, растворенный газ находится в равновесии со своей газовой средой, можно условно считать, что газ в жидкости находится под тем же самым парциальным давлением. Поэтому термины «давление» и «напряжение» часто используются как взаимозаменяемые.

Основным фактором, определяющим диффузию газов, является разность парциального давления, или *градиент парциального давления*. Диффузия происходит из области с более высоким парциальным давлением в область с более низким давлением.

Градиент парциального давления кислорода и углекислого газа в организме существует постоянно (табл. 2). Равенства  $P_{O_2}$  или  $P_{CO_2}$  во взаимодействующих средах на всех этапах движения газов никогда не наступает. В легких идет постоянный приток свежего воздуха вследствие дыхательных движений грудной клетки, в тканях же разность напряжения газов поддерживается процессами окисления.

Разность между парциальным давлением кислорода в альвеолярном воздухе и напряжением его в венозной крови легких составляет  $100 - 40 = 60$  мм рт. ст., что вызывает диффузию кислорода в кровь. При разности напряжения кислорода 1 мм рт. ст. у

коровы в кровь переходит 100—200 мл кислорода в 1 мин. Средняя потребность животного в кислороде в покое составляет 2000 мл в 1 мин. Разности давления в 60 мм рт. ст. более чем достаточно для насыщения крови кислородом как в покое, так и при нагрузке.

Разность между напряжением углекислого газа в венозной крови и парциальном давлении его в альвеолярном воздухе менее значительна (46–40=6 мм рт.ст.). Однако растворимость углекислоты в тканях легочных мембран (аэрогематическом барьере) выше растворимости кислорода более чем в 20 раз. Поэтому углекислый газ из крови также выводится без затруднений.

Таблица 2

Общее парциальное давление (напряжение) газов в воздухе и крови

Исследуемая среда	Парциальное давление, мм рт. ст.				Общее давление, мм рт. ст.
	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
Вдыхаемый воздух	6	0,3	159	595	760
Альвеолярный воздух	47*	40	100	573	760
Выдыхаемый воздух	47	32	116	565	760
Артериальная кровь	47	40	95	573	755
Смешанная венозная кровь	47	46	40	573	706
Тканевая жидкость	47	60	20	573	700

\* При 37 °С.

Во время работы Pco<sub>2</sub> в смешанной венозной крови возрастает по сравнению с покоем (до 50—60 мм рт. ст.) вследствие усиленного образования углекислоты в мышцах. В результате капиллярно-альвеолярный градиент Pco<sub>2</sub>, При работе может увеличиваться вдвое втрое. Это облегчает обмен газов в легких, несмотря на значительное ускорение в них кровотока и соответственно уменьшение времени пребывания крови в альвеолярных капиллярах.

### 10. Функции легких, не связанные с газообменом.

Наряду с основной функцией — обменом газов легкие выполняют и другие важные функции. Они участвуют, в частности, в очищении крови от механических примесей. Легкие как бы профильтровывают венозную кровь, задерживая механические частицы (деформированные и разрушенные клетки, микрокапли жира) и подвергая их перевариванию собственными ферментами.

В легких синтезируются значительные количества тромбoplastина и гепарина — веществ, способствующих и препятствующих свертыванию крови. Противосвертывающая система легких обеспечивает свободное кровообращение в малом круге и поддерживает фибринолитическую активность всей циркулирующей крови.

Легкие выполняют важную роль в липидном и водном обмене. Поступающие с лимфой в венозный кровоток эмульгированные липопротеиды, моноглицериды и жирные кислоты расщепляются в легких липопротеазами и подвергаются окислению в митохондриях клетки с выделением энергии. Наряду с этим в легких происходит синтез фосфолипидов и глицерина. Протеолитические ферменты легких выделяются тучными клетками альвеол, а ферменты, гидролизующие жиры, — клетками эндотелия капилляров.

За сутки через легкие лактирующей коровы с выдыхаемым воздухом выделяется до 10 л воды, поступающей в альвеолы из капилляров малого круга кровообращения. При тепловом напряжении выделение воды через органы дыхания возрастает. Вместе с тем легкие способны поглощать воду из воздуха при насыщении его водяными парами. Вместе с водой в легкие могут проникать и растворенные в ней вещества. Эта способность легких используется в ветеринарии при введении животным лекарственных веществ или вакцин в виде тонкого аэрозоля.

Способность ткани легкого активировать или инактивировать биологически активные вещества называют биотрансформирующей функцией. В легких поглощаются и инактивируются ацетилхолин, серотонин, кинины, простагландины групп Е и F. Превращаются в активную форму ангиотензин, гистамин, некоторые простагландины. Адреналин и ангиотензин II в легких не подвергаются биотрансформации

## **11. Транспорт кислорода кровью. Обмен газов между кровью и тканями.**

### **Транспорт углекислого газа кровью**

А. Формы транспорта кислорода в крови:

Растворенный в плазме (1,5% O<sub>2</sub>)

Связанный с гемоглобином (98,5% O<sub>2</sub>)

Б. Связывание кислорода с гемоглобином.

Связывание кислорода с гемоглобином – обратимая реакция. Количество образующегося оксигемоглобина зависит от парциального давления кислорода в крови. Зависимость количества оксигемоглобина от парциального давления кислорода в крови называется кривой диссоциации оксигемоглобина.

Кривая диссоциации оксигемоглобина имеет S-образную форму. Значение S-образности формы кривой диссоциации оксигемоглобина – облегчение отдачи O<sub>2</sub> в тканях. Гипотеза о причина S-образности формы кривой диссоциации оксигемоглобина – каждая из 4 молекул O<sub>2</sub>, присоединяемых к гемоглобину, изменяет сродство образовавшегося комплекса к O<sub>2</sub>.

Кислородная емкость крови – количество O<sub>2</sub> которое связывается кровью до полного насыщения Hb.

Константа Гюфнера 1г Hb – 1,36 – 1,34 мл O<sub>2</sub>.

Коэффициент утилизации O<sub>2</sub> – 30-40%.

Кривая диссоциации оксигемоглобина смещается вправо (эффект Бора) при повышении температуры, повышении концентрации CO<sub>2</sub> в крови, при снижении pH. Смещение кривой вправо облегчает отдачу O<sub>2</sub> в тканях, смещение кривой влево облегчает связывание O<sub>2</sub> в легких.

В. Формы транспорта углекислого газа в крови:

Растворенный в плазме CO<sub>2</sub> (12% CO<sub>2</sub>).

Гидрокарбонатный ион (77% CO<sub>2</sub>). Почти весь CO<sub>2</sub> в крови гидратируется с образованием угольной кислоты, которая немедленно диссоциирует с образованием протона и иона гидрокарбоната. Этот процесс может протекать как в плазме крови, так и в эритроците. В эритроците он протекает в 10 000 раз быстрее, так как в эритроците существует фермент карбоангидраза, катализирующий реакцию гидратации CO<sub>2</sub>.



Карбоксигемоглобин (11% CO<sub>2</sub>) – образуется в результате присоединения CO<sub>2</sub> к свободным аминокетильным группам белка гемоглобина.



Увеличение концентрации CO<sub>2</sub> в крови приводит к повышению рН крови, так как гидратация CO<sub>2</sub> и его присоединение к гемоглобину сопровождается образованием H<sup>+</sup>.

Транспорт O<sub>2</sub> кровью. Выделяют две формы транспорта: 1. физически растворенный газ. 3мл O<sub>2</sub> в 1л крови. 2. связанный с гемоглобином газ. 190мл O<sub>2</sub> в 1л крови.

## 12. Дыхательный центр, его функция

Регуляция работы дыхательной системы осуществляется путем контроля частоты дыхательных движений и глубины дыхательных движений (дыхательный объем).

Инспираторные и экспираторные мышцы иннервируются мотонейронами, располагающимися в передних рогах спинного мозга. Активность этих нейронов контролируется нисходящими влияниями продолговатого мозга и коры больших полушарий.

В стволе мозга располагается нейронная сеть (центральный дыхательный механизм), состоящая из 6 типов нейронов:

- Инспираторные нейроны – активируются в фазу вдоха, аксоны этих нейронов не покидают пределов ствола мозга, образуя нейронную сеть.
- Экспираторные нейроны – активируются в фазу выдоха, являются частью нейронной сети ствола мозга.
- Бульбоспинальные инспираторные нейроны – нейроны ствола мозга, которые посылают свои аксоны к мотонейронам инспираторных мышц спинного мозга.

Ритмические изменение активности нейронной сети – ритмические изменения активности бульбоспинальных нейронов – ритмические изменения активности мотонейронов спинного мозга – ритмическое чередование сокращений и расслаблений инспираторных мышц – ритмическое чередование вдоха и выдоха.

Рецепторы растяжения – располагаются среди гладкомышечных элементов бронхов и бронхиол. Активируются при растяжении легких. Аfferентные пути следуют в продолговатый мозг в составе блуждающего нерва.

Периферические хеморецепторы образуют скопления в области каротидного синуса (каротидные тельца) и дуги аорты (аортальные тельца). Активируются при снижении напряжения O<sub>2</sub> (гипоксический стимул), повышении напряжения CO<sub>2</sub> (гиперкапнический

стимул) и повышении концентрации  $H^+$ . Аfferентные пути следуют в дорзальную часть ствола мозга в составе IX пары черепно-мозговых нервов.

Центральные хеморецепторы расположены на вентральной поверхности ствола головного мозга. Активируются при увеличении концентрации  $CO_2$  и  $H^+$  в спинномозговой жидкости.

Рецепторы дыхательных путей – возбуждаются при механическом раздражении частицами пыли и т.п.

### **13. Нервная и гуморальная регуляция дыхания**

- Раздувание легких → торможение вдоха. Рецептивное поле рефлекса – рецепторы растяжения легких.

- Снижение  $[O_2]$ , повышение  $[CO_2]$ , повышение  $[H^+]$  в крови или спинномозговой жидкости → увеличение МОД. Рецептивное поле рефлекса – рецепторы растяжения легких.

- Раздражение воздухоносных путей → кашель, чихание. Рецептивное поле рефлекса – механорецепторы дыхательных путей. Влияние гипоталамуса и коры.

В гипоталамусе происходит интеграция сенсорной информации от всех систем организма. Нисходящие влияния гипоталамуса модулируют работу центрального дыхательного механизма исходя из нужд всего организма. Кортикоспинальные связи коры обеспечивают возможность произвольного управления дыхательными движениями.

### **14. Взаимосвязь дыхания и кровообращения**

Отрицательное давление в плевральной полости, обеспечивает, венозный возврат крови в правое предсердие. Во время вдоха давление в брюшной полости увеличивается, что также способствует оттоку крови из венозных сосудов и капилляров брюшины и органов брюшной полости. Вследствие присасывающегося действия грудной полости кровь выкачивается из большого круга кровообращения и наполняет кровеносные сосуды малого круга. Повышение кровяного давления рефлекторно тормозит дыхательные движения вследствие раздражения рецепторов каротидного синуса. Напротив, падение артериального давления вызывает учащение дыхания и изменение его глубины.

Кислородная задолженность – накопление МК при непрерывной работе мышц и недостатке кислорода.

### **15. Дыхание 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 кожей.

У птиц отсутствует надгортанник. Функцию надгортанника выполняет задняя часть языка. Имеются две гортани — верхняя и нижняя. В верхней гортани нет голосовых связок. Нижняя (или певчая) 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 (эктобронхи) и к дорсальной (эндобронхи). 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 птиц 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 (около 2 % от массы тела).

У птиц имеются зачатки двух лепестков диафрагмы: легочной и грудобрюшной. Диафрагма с помощью сухожилия прикреплена к позвоночному столбу и небольшим мышечным волокнам — к ребрам. Она сокращается в связи с вдохом, но роль ее в механизме вдоха и выдоха незначительна. 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 (два шейных, два переднегрудных, два заднегрудных, два брюшных и один ключичный). Самые большие — это брюшные воздухоносные мешки. Кроме этих воздухоносных мешков имеются также воздухоносные мешки, расположенные около хвоста, — заднеуловищные, 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 в 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 к; кости, позвоночные концы ребер.

Емкость легких у кур составляет 13см<sup>3</sup>, уток —20см<sup>3</sup>, емкость легких и воздухоносных мешков 160...170 см<sup>3</sup>, 315см<sup>3</sup>, 12...15% ее составляет дыхательный воздуха.

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

У птиц относительно частое дыхание: у кур— 18...25 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 в минуту.

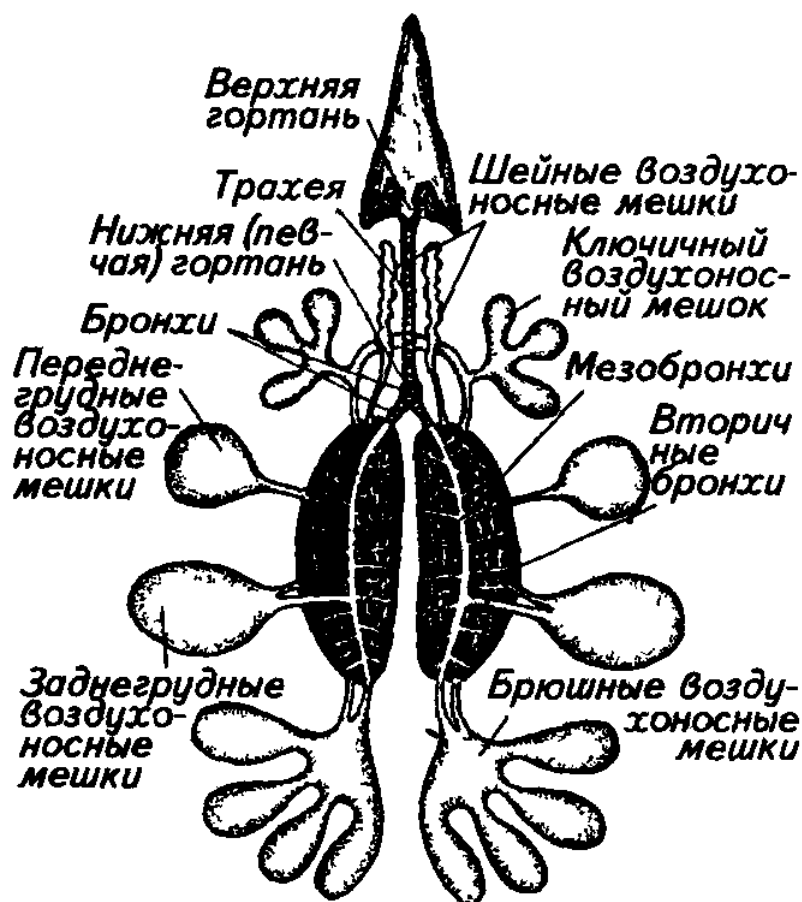


Рис. 1. Органы дыхания и воздухоносные мешки у птиц.

Воздух, поступающий в организм в течение вдоха, заполняет легкие и воздухоносные мешки. В воздухоносных мешках из-за небольшого количества кровеносных сосудов поглощение кислорода незначительно, поэтому 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 воздуха и выделением углекислого газа.

В целом дыхание у птиц происходит следующим образом:

1. Мышцы грудной стенки сокращаются так, чтобы грудина была поднята. Это означает, что полость грудной клетки становится меньше и легкие сжимаются до такой степени, что обогащенный  $\text{CO}_2$  воздух вытесняется из емкостей.

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

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

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 продуктивность и естественная резистентность птиц. В полете дыхание урежается; за счет улучшения вентиляции легких даже на высоте 3000...4000 м: в условиях пониженного содержания кислорода птицы обеспечивают себя кислородом при редком дыхании. На земле же птицы при этих условиях гибнут.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

### **ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ. ОБМЕН ГАЗОВ В ОРГАНИЗМЕ. РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ**

#### **РАБОТА №1. Осмотр, перкуссия и аускультация органов дыхания.**

**Цель работы.** Получить данные о функциональном состоянии органов дыхания, установить форму грудной клетки, тип, частоту, силу и симметричность дыхательных движений, ритм дыхания и форму одышки, если она имеется.

**Объекты исследования, материалы и оборудование.** Корова, станок для фиксации животных, носовые щипцы, фонендоскопы, перкуссионный молоточек и плессиметр.

Ход выполнения : Сначала осматривают носовые отверстия – ноздри могут быть сужены или, наоборот, расширены, возможно одностороннее или двустороннее западение крыльев носа. Напряженность дыхания можно определить по степени движения крыльев носа. При усиленном дыхании крылья носа широко раскрываются и отверстия ноздрей становятся округлыми.

Обращают внимание на цвет слизистой оболочки, ее целостность, влажность. У здоровых животных она бледно-розовая, на носовой перегородке с синеватым оттенком, влажная, блестящая и зернистая (видны мелкие точки – выходные протоки).

У здоровых животных из носовой полости временами выделяется незначительное количество слизи в виде капель.

Осмотром устанавливают форму грудной клетки, ритм дыхания, глубину дыхательных движений.

В норме у всех животных грудная клетка симметричная, но форма ее разная – есть животные плоскогрудые, с узкой или хорошо развитой грудной клеткой.

Осмотр грудной клетки позволяет получить ценные данные о функциональном состоянии органов дыхания и установить форму грудной клетки, тип, частоту, силу и симметричность дыхательных движений, ритм дыхания и форму одышки, если она имеется.

Форма, грудной клетки у здоровых животных всех видов умеренно округлая.

При определении типа дыхания обращают внимание на степень участия в дыхательных движениях грудной клетки и брюшных стенок. Если это участие приблизительно равноценное, то говорят о грудобрюшном типе дыхания. Он характерен для здоровых животных, за исключением некоторых пород собак, у которых преобладает грудной тип дыхания

Частоту дыхания (количество дыханий в минуту) определяют по числу вдохов или выдохов следующими способами: по движениям грудной клетки и живота, аускультацией трахеи, в холодное время года по облачку выдыхаемого пара, по ощущению выдыхаемого воздуха поднесенной к носовым отверстиям рукой, у лошадей — по движениям крыльев носа, у птиц — по колебаниям хвоста (табл. 4).

Таблица 4

**Частота дыхательных движений у животных в минуту**

Вид животного	Частота	Вид животного	Частота
Крупный рогатый скот	12-30	Кошки	20-30
Овцы и козы	16-30	Куры	12-30
Свиньи	15-20	Кролики	50-60
Лошади, олени	8-16	Лисицы	14-30
Верблюды	5-12	Песцы	18-48
Собаки	14-24	Норки	40-70

По силе (или глубине) дыхание подразделяют на умеренное, усиленное (глубокое) и слабое (поверхностное).

Для определения симметричности дыхательных движений студент становится впереди животного, так, чтобы хорошо видеть обе стороны грудной клетки, и следит за движениями ее стенок.

Ритмичное дыхание — правильное чередование фаз вдоха и выдоха. При этом нельзя забывать, что у большинства животных продолжительность выдоха больше продолжительности вдоха

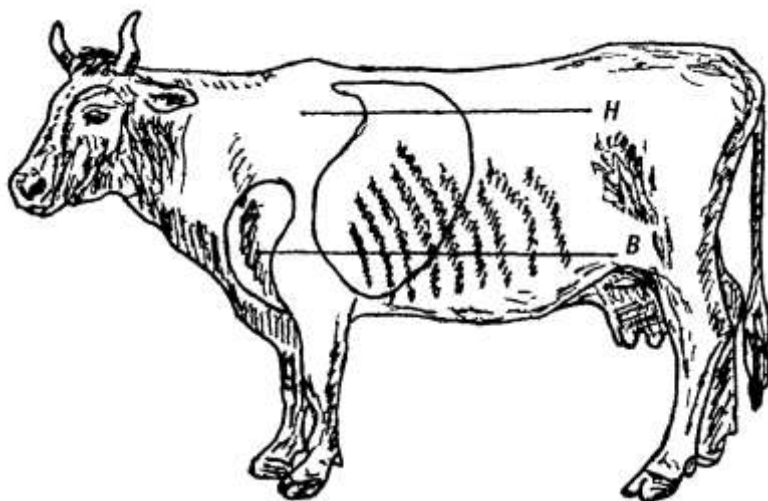
**Перкуссия грудной клетки.** В практике пользуются посредственной перкуссией (инструментальная) и выстукиванием пальцем (дигитальная). Дигитальную перкуссию применяют при исследовании мелких животных, при перкуссии же крупных животных пользуются перкуSSIONным молоточком и плессиметром.

Для перкуссии хорошо упитанных животных рекомендуют металлический плессиметр, плохо упитанных — плессиметры из пластмассы, гуттаперчевые и деревянные. Силу удара при исследовании грудной клетки изменяют сообразно толщине грудной стенки на месте перкуссии.

Перкуссия грудной клетки у здоровых крупных животных дает ясный легочной (атимпанический) звук. У козлят, ягнят, поросят и щенят перкуSSIONный звук тимпанический, и изменяется он с возрастом животного. У телят и жеребят атимпанический звук наблюдается с раннего возраста. Область распространения атимпанического звука на грудной клетке крупных животных получила название **поля перкуссии легких**.

Приступая к перкуссии, необходимо установить топографические границы легкого, а затем исследовать все поле легких.

У **крупного рогатого скота** заднюю границу легких определяют по двум горизонтальным линиям. Верхняя линия проводится от маклока, а нижняя — от лопатко-плечевого сустава (рис. 3). Перкуссию начинают от середины грудной клетки, направляясь назад, вначале по линии маклока, а затем по линии плечевого сустава. Перкутируют каждый межреберный промежуток.



**Рис. 3** Поле перкуссии легких у крупного рогатого скота: *H* —уровень маклока; *B* —уровень плечевого сустава

Для установления границы легкого применяют слабую перкуссию с задержанием молоточка на плессиметре. Границу устанавливают обнаружением качественного изменения звука: переход атимпанического (легочного) в притупленный или тупой звук брюшных органов. Отметив межреберье, в котором произошло изменение звука, обратным счетом от

последнего ребра определяют, на каком ребре закончилось легкое. В норме задняя граница легких начинается от 12-го ребра, идет вниз и вперед, пересекая линию маклока в 11-м, а линию плечевого сустава в 6-м межреберье, и заканчивается в 4-м межреберье, в области относительного притупления сердца.

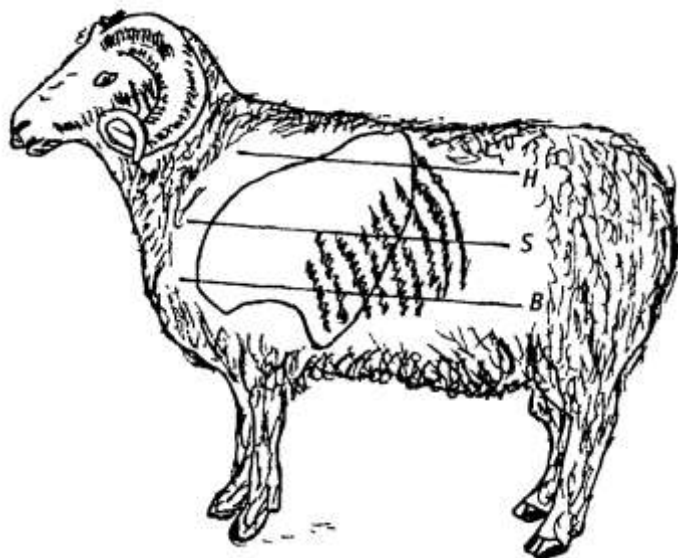
Таким образом, грудная область перкуссии легких имеет форму неправильного треугольника. Верхняя граница его идет от заднего угла лопатки назад, ниже остистых отростков приблизительно на ширину ладони. Передняя граница проходит по линии анконеусов вниз, а задняя — от 12-го ребра вниз и вперед и заканчивается в 4-м межреберье. При перкуссии предлопаточной области легких животному отводят грудную конечность назад. У хорошо упитанных животных поле перкуссии (шириной в 2-3 пальца) верхушки легкого располагаются непосредственно под плечевым суставом и впереди лопатки. Звук, получаемый при перкуссии, атимпанический или притупленный.

Коров с плохой упитанностью можно перкутировать в 1, 2 и 3-м межреберье, звуки при этом получаются атимпатические — громкие. У **мелкого рогатого скота** перкуссия легких производится в основном по той же методике, что и у крупного рогатого скота. Отведением передней конечности животного вперед и назад можно в значительной степени увеличить область перкуссии (рис. 4).

У **свиней** перкуссия легких во многом зависит от состояния упитанности животного. Задняя граница легких начинается с 11-го ребра, пересекает межреберье на линии подвздошной кости, 9-е ребро — на линии седалищного бугра, 7-е ребро — на линии плечевого сустава и заканчивается в 4-м межреберном промежутке (рис. 5).

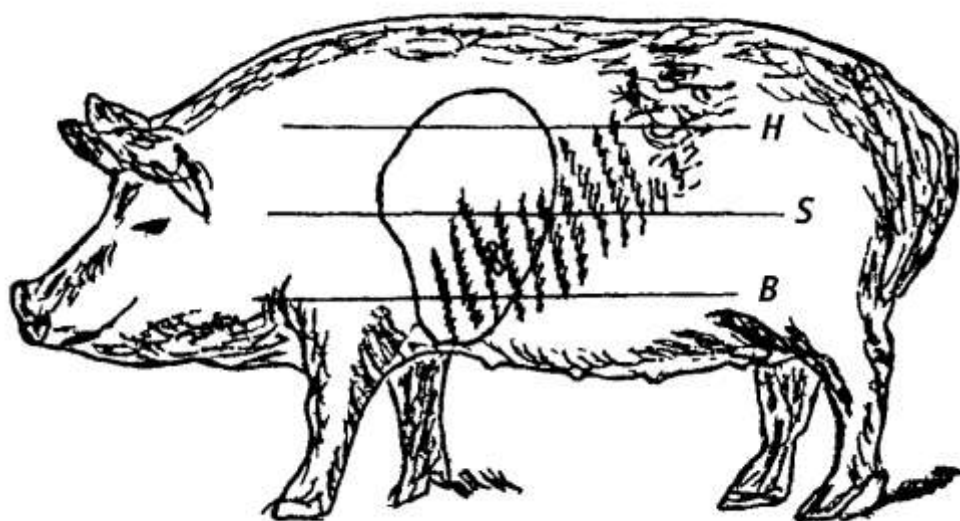
У **лошади** поле перкуссии легких имеет форму прямоугольного треугольника. Верхняя граница проходит параллельно остистым отросткам на расстоянии ширины ладони, передняя граница — по линии анконеусов. Задняя граница начинается от 17-го ребра, пересекает линию маклока по 16-му межреберью, линию седалищного бугра — по 14-му, линию лопатко-плечевого сустава — по 10-му межреберью и заканчивается в 5-м межреберье (рис. 5).

**Методика перкуссии** имеет большое значение при исследовании легких. Чтобы приучить ухо к многочисленным вариантам (оттенкам)

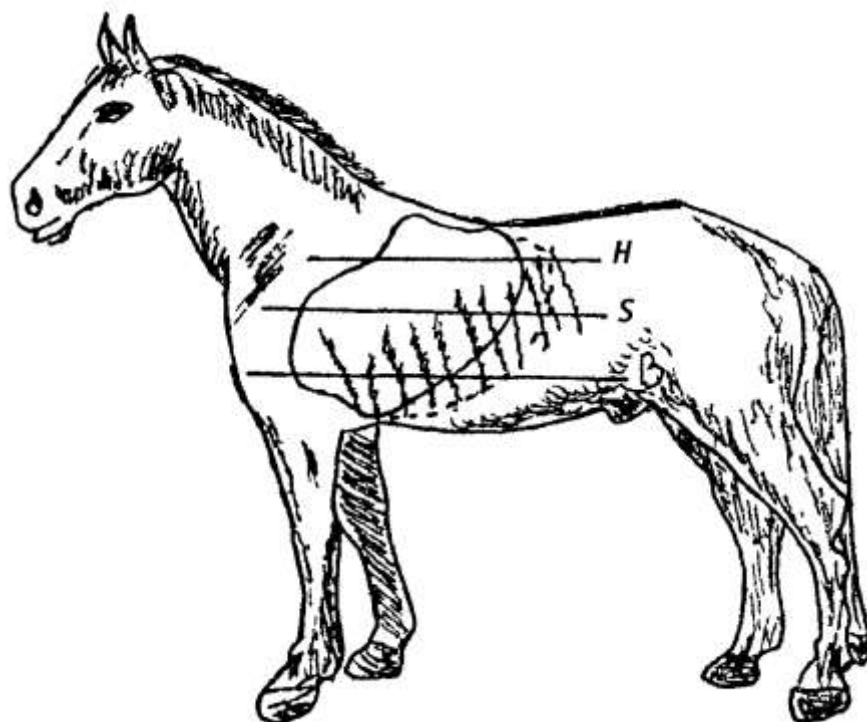


**Рис. 4.** Поле перкуссии легких у мелкого рогатого скота:  
*H* — уровень маклока; *S* — уровень седалищного бугра;

*B —уровень плечевого сустава*



**Рис. 5.** Поле перкуссии у свиней. *Обозначения те же, что и на рис. 53*



**Рис. 6.** Поле перкуссии легких у лошадей:

сплошная линия — границы легких в норме; пунктирная линия — границы легких при эмфиземе; остальные обозначения те же, что и на рис. 4

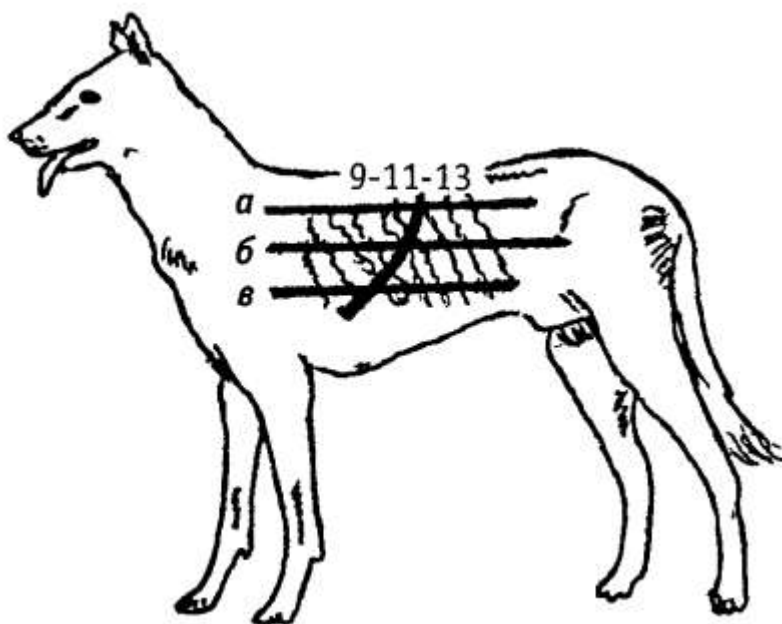
атимпанического звука, рекомендуется у крупных животных проводить перкуссию по областям. С этой целью все поле перкуссии разделяют на три области: нижняя область — треугольник, который отграничивается линией лопатко-плечевого сустава, средняя область — между линией лопатко-плечевого сустава и линией маклока, верхняя область — расположена выше линии маклока.

Перкуссия нижней области производится по межреберьям сверху вниз до нижней задней границы, т. е. до перехода атимпанического звука в тупой или притупленный со стороны брюшной стенки. Среднюю область также перкутируют по межреберным

промежуткам сверху вниз. Перкуссионный звук здесь сильный, глубокий и продолжительный. Перкуссию верхней области у плохо упитанного животного производят сверху вниз по межреберьям, у хорошо упитанных животных рекомендуют сальную перкуссию по горизонтальным линиям спереди назад.

У здоровых животных перкуссионный звук ясный легочной (атимпанический). Качество звуков, получаемых при перкуссии легких, зависит от многих факторов, которые и следует учитывать при исследовании. На силу и высоту легочных звуков может оказывать влияние строение грудной клетки, возраст, упитанность животного и другие условия.

У собак и хищных животных заднюю границу легких определяют по трем линиям (рис. 7): на уровне маклока (норма до 12-го ребра), на уровне седалищного бугра (норма до 11-го ребра) и на уровне плечевого сустава (норма до 9-го ребра).



**Рис. 7.** Задняя граница легких у собак:

*а —уровень маклока; б—уровень седалищного бугра; в —уровень плечевого сустава*

**Аускультация грудной клетки.** Аускультацию лучше производить в небольших помещениях с мягким полом. Аускультация животных в скотных дворах, конюшнях, а равно и на улице в значительной степени затрудняется посторонними шумами.

Аускультацию можно использовать как непосредственную, так и посредственную, однако предпочтение следует отдавать выслушиванию непосредственно ухом через салфетку (полотенце), так как это исключает помехи от трения шерсти о мембрану фонендоскопа.

При выслушивании легких у животных необходимо соблюдать определенные условия: необходима абсолютная тишина, которая создается только в закрытом помещении. Выслушивание производят в строгой последовательности, начиная ее с участков, где дыхательные шумы слышны наиболее отчетливо, постепенно переходя на места с меньшей слышимостью. С этой целью грудную клетку животного с каждой стороны мысленно делят на верхнюю, среднюю и нижнюю треть; затем верхнюю и среднюю трети поля легкого разделяют пополам вертикальной линией — получается как бы пять зон (рис. 8). Вначале выслушивают переднесредние участки, затем заднесредние, передневерхние, задневерхние и в последнюю очередь нижние участки легких. При бессистемной аускультации ухо не

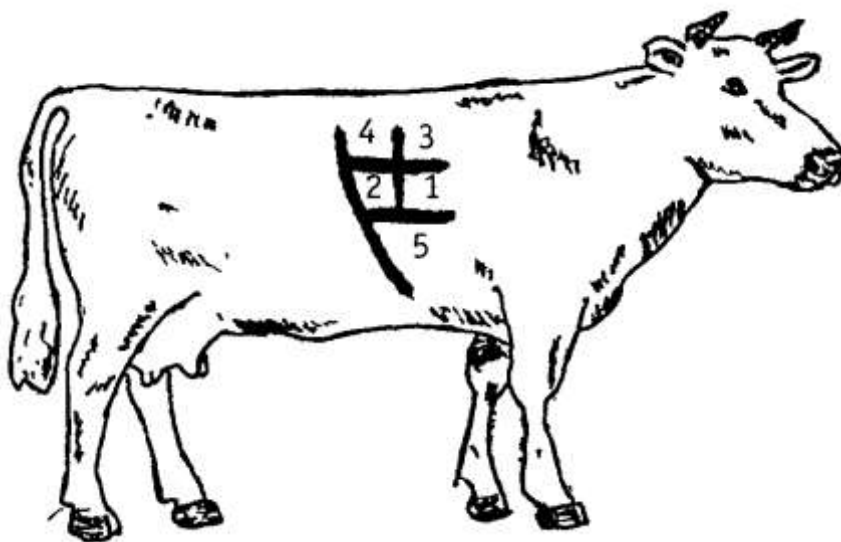


способно уловить слабые дыхательные шумы, и это может привести к диагностическим ошибкам.

При аускультации легких у крупного рогатого скота исследуют также предлопаточную область (верхушки легких). В каждом участке выслушивают не менее двух-трех полных актов вдоха и выдоха.

При непосредственной аускультации легких у крупного животного помощник фиксирует ему голову, а исследующий встает лицом к голове животного, кладет руку ему на спину и выслушивает левое легкое правым ухом, а правое — левым ухом. В целях безопасности иногда приходится поднимать у животных соответствующую грудную конечность. Мелких животных удобнее исследовать на столе.

Исследуя поле легких у животных, обращают внимание на характер прослушиваемых звуков. У здоровых животных через боковые поверхности грудной клетки прослушиваются звуки, напоминающие звук буквы «Ф», произносимой при вдохе, — **везикулярное дыхание**. Оно лучше прослушивается во время фазы вдоха и лишь частично в начале выдоха.



**Рис. 8.** Последовательность аускультации легкого

Наиболее нежное и слабое (мягкое) везикулярное дыхание у лошадей. У верблюдов в отличие от других животных везикулярное дыхание слышно в обе фазы дыхания и даже несколько отчетливее на фазе выдоха. Наиболее грубое и громкое (жесткое) везикулярное дыхание отмечается у собак и крупного рогатого скота. У молодых животных оно сильнее, чем у широкогрудых особей.

У всех животных, кроме лошадей, ослов, мулов и верблюдов, в средней части грудной клетки непосредственно за лопаточно-плечевым поясом или перед ним к везикулярному дыханию примешивается бронхиальное дыхание, напоминающее звук «х» на вдохе и выдохе.

В чистом виде его можно прослушать на трахее при входе ее в грудную клетку. В остальных участках грудной клетки бронхиальное дыхание отмечается только при патологии.

В качестве дополнительных методов исследования органов дыхания можно использовать рентгеноскопию, рентгенографию, пункцию грудной клетки и др.

## РАБОТА №2.НАБЛЮДЕНИЕ МЕХАНИЗМА ВДОХА И ВЫДОХА НА МОДЕЛИ ДОНДЕРСА

Цель работы. Продемонстрировать изменения объема легких и давления в плевральной щели при дыхании

Объекты исследования, материалы и оборудование. Легкие кролика (свежие, непораненные), широкогорлая бутылка без дна, лист плотной упругой резины, пробка по размеру горловины, стеклянная трубка, U-образная стеклянная трубка с тройником манометра, менделеевская замазка, штатив, держатель с муфтой.

Методика работы. Для работы обычно используют ранее приготовленную модель грудной полости — модель Дондерса (рис. 3.4). Она представляет собой широкогорлую бутылку, дно которой заменено упругим резиновым листом, плотно обвязанным вокруг бутылки и приклеенным по ее краям. В бутылку мешают легкие, в трахею предварительно ввязывают стеклянную трубку. Эту трубку (для сообщения легких с наружным воздухом) пропускают через отверстие в пробке, герметично закрывающей горло бутылки. Сквозь второе отверстие в пробке пропускают другую трубку, соединенную через тройник с манометром. Таким образом, стенки стеклянной бутылки соответствуют стенкам грудной полости, резиновое дно — диафрагме; а изменения давления в пространстве между стенками бутылки и легкими — колебаниям внутриплеврального давления. Следует при этом иметь в виду, что в норме вокруг легких воздуха не содержится.

С помощью этой модели нужно провести ряд наблюдений

1. Слегка отсосать воздух из бутылки через свободную трубку тройника, которую затем закрыть зажимом Мора. При этом легкие - несколько раздуются, "диафрагма" втянется и давление в полости бутылки, как это видно из показаний манометра станет отрицательным. Тем самым имитируется отрицательное давление в межплевральной щели.

2. Оттягивая и вдавливая резиновое дно бутылки— "диафрагму", создать колебания "внутриплеврального давления" имеющие место во время вдоха и выдоха. При оттягивании диафрагмы" (вдох) отрицательное давление во "внутригрудном пространстве" увеличивается и легкие раздуваются. При вдавливании "диафрагмы" (выдох) отрицательное давление во внутригрудном пространстве" уменьшается и легкие частично спадаются

3. Открыть зажим на свободной трубке тройника: воздух поступает внутрь "грудной полости", давление в ней станет равным атмосферному, и легкие полностью спадаются. Эти имитируется явление пневмоторакса—введение воздуха в межплевральное пространство.

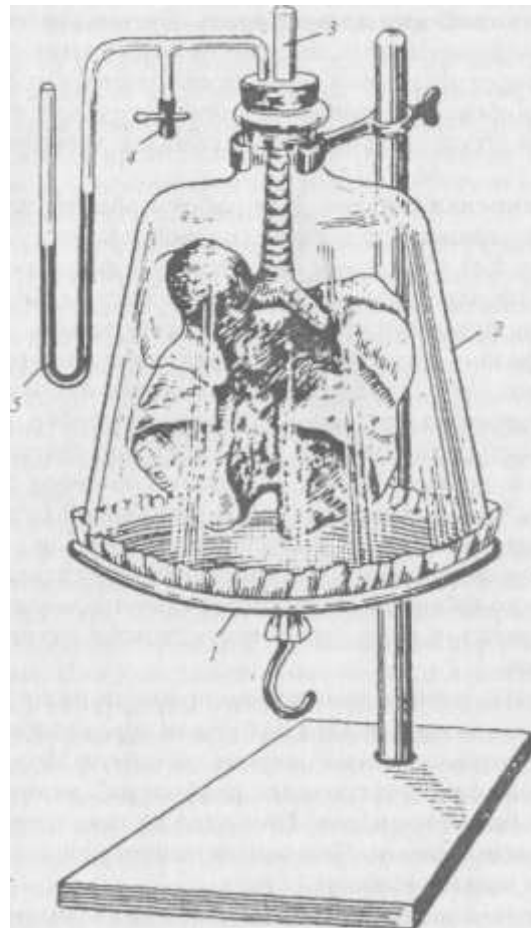
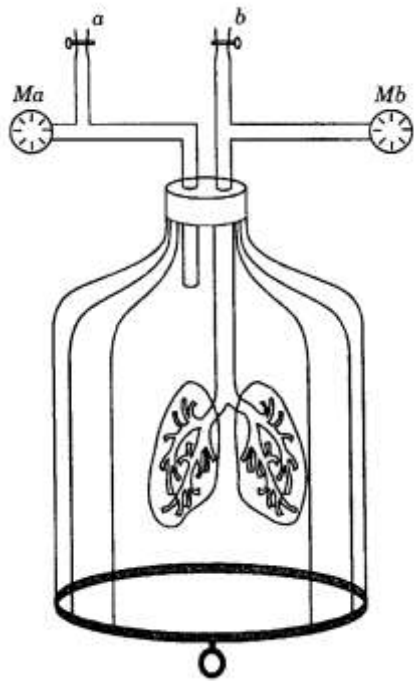


Рис. 3.4. Модель грудной полости (схема Дондерса).

1 —эластичная резина, 2 — склянка, 3 — стеклянная трубка, соединенная с трахеей, 4 — поддувной клапан, 5 — U-образный манометр.

Вывод:

С помощью модели Дондерса можно продемонстрировать изменения объема легких и давления в плевральной щели при дыхании

### РАБОТА №3. Спирометрия

Цель работы. Измерить жизненную емкость легких при использовании спирометра.

Объекты исследования, материалы и оборудование. Суховоздушный спирометр (рис. 3.11). спирт; вата; зажим для носа. Исследование проводят на человеке.

Ход работы. Мундштук спирометра протрите ватой, смоченной спиртом. Испытуемый после максимального вдоха делает максимально глубокий выдох в спирометр. По шкале спирометра определите ЖЕЛ. Измерение проведите три раза и в расчет возьмите максимальное значение. При повторных измерениях необходимо каждый раз устанавливать шкалу спирометра в исходное положение. Для у суховоздушного (сухого) спирометра поверните измерительную шкалу и нулевое деление совместите со стрелкой. Жизненную

емкость легких определите в положении испытуемого стоя и лежа. Отметьте разницу в результатах измерений.

Для измерения легочных объемов, составляющих ЖЕЛ, целесообразно чтобы выдыхаемый воздух поступал в спирометр. Подсчитайте количество дыхательных движений. Разделив показания спирометра на число выдохов, сделанных в спирометр, определите дыхательный объем воздуха.

Для определения резервного объема выдоха попросите испытуемого после очередного спокойного выдоха сделать максимальный выдох в спирометр. По шкале спирометра определите резервный объем выдоха. Повторите измерения несколько раз и вычислите среднюю величину.

Резервный объем вдоха можно определить двумя способами: вычислить или измерить спирометром. Для вычисления необходимо из величины ЖЕЛ вычесть сумму дыхательного и резервного объемов выдоха. При измерении резервного объема вдоха предложите испытуемому после спокойного вдоха из атмосферы сделать максимальный вдох из спирометра. Разность между первоначальным объемом воздуха в спирометре и объемом, оставшимся после глубокого вдоха, соответствует резервному объему вдоха.

Таблица 5

Показатели спирометрии у человека

Показатель	Полученный результат	Должный показатель
ЖЕЛ		
Резервный объем вдоха		
Резервный объем выдоха		

Остаточный объем воздуха можно измерить только непрямыми методами. Принцип одного из них заключается в том, что в легкие вводят инородный газ типа гелия (метод разведения) и по изменению его концентрации рассчитывают объем легких. Остаточный объем составляет 25—30 % от величины ЖЕЛ.

Рекомендации по оформлению протокола работы. Полученные данные внесите в табл. 3.3.

Сравните величину ЖЕЛ, измеренную спирометром, с должной ЖЕЛ, найденной по формуле

$$\text{ЖЕЛ (л)} = 2,5 \cdot \text{Рост (м)}.$$

Рассчитайте остаточный объем, а также емкости легких: общую емкость легких, резервный объем вдоха (емкость вдоха) и резервный объем выдоха.

Используем сухой спирометр, который представляет собой воздушную турбинку, вращаемую струей выдыхаемого воздуха. Вращение турбинки передается стрелке прибора, которая перемещается по шкале и указывает объем выдыхаемого воздуха. Шкала

с отметками от 0 до 6,5 закреплена в крышке прибора, вместе с которой она может поворачиваться на корпусе прибора для установки стрелки в нулевое положение перед каждым измерением.

Поворачиваем крышку спирометра, устанавливаем стрелку в нулевое положение. На входную трубку прибора надеваем продезинфицированный мундштук, который затем берем

в рот. Определяем у себя нижеуказанные легочные объемы, результаты записываем в таблицу (см. ниже).

Дыхательный объем (ДО). После нескольких спокойных вдохов и выдохов сделаем пять спокойных выдохов, в спирометр. Вдох делаем через нос. Общий объем выдохнутого воздуха делим на 5.

Резервный объем выдоха (РОВЫД). После спокойного выдоха через нос делаем максимально возможный выдох в спирометр. При этом нос зажимаем пальцами руки, чтобы воздух не выходил через него.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ). После нескольких спокойных вдохов и выдохов делаем максимально глубокий вдох и затем максимально глубокий выдох в спирометр.

Резервный объем вдоха (РОВД). Из установленной в ходе измерения величины ЖЕЛ вычисляем сумму ДО и РОВД.

Измерение всех перечисленных легочных объемов повторяем после физической нагрузки (30 приседаний).

Результаты заносим в таблицу.

Легочные объемы, л	При спокойном дыхании	После физической нагрузки
до		
РОВЫД		
РОВД		
ЖЕЛ		

Измеряем ЖЕЛ, находясь, в различных положениях. ЖЕЛ равна:

стоя \_\_\_\_\_ мл;

сидя \_\_\_\_\_ мл;

лежа \_\_\_\_\_ мл.

Вывод (сравните полученные данные с нормой и объясните наблюдаемые различия величины ЖЕЛ).

Работа 4.

Определение времени задержки дыхания в обычных условиях и после гипервентиляции

Произвольная задержка дыхания невозможна дольше определенного срока, поскольку происходит мощное возбуждение дыхательного центра в связи с изменением химического состава крови. Ведущую в стимуляции дыхательного центра роль играет накопление

углекислоты. При гипервентиляции происходит повышенное выделение CO<sub>2</sub> из организма (снижение содержания углекислоты в крови).

Для работы необходим секундомер. Исследование проводят на человеке.

Ход работы. Испытуемому после 1 — 2 мин спокойного дыхания предложите задержать дыхание на максимально возможное время. Отметьте это время. После восстановления спокойного дыхания предложите испытуемому произвести гипервентиляцию в течение 1 мин, а затем задержать дыхание настолько это возможно. Отметьте время задержки.

Рекомендации по оформлению протокола работы. Занесите в тетрадь протоколов опытов данные о времени максимальной задержки дыхания на фоне спокойного дыхания и после гипервентиляции. Объясните разницу во времени в первом и втором случае. Сделайте вывод о роли CO<sub>2</sub> в регуляции дыхания.

Дата занятия:

Подпись преподавателя:

#### Вопросы «ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ»

1. Что такое дыхание?
2. Как изменялось дыхание в процессе эволюции?
3. Из чего состоит дыхательный аппарат млекопитающих?
4. Что такое аспирация?
5. Что такое инспирация?
6. Из каких фаз состоит процесс дыхания?
7. Основные типы дыхания.
8. Частота дыхания у сельскохозяйственных животных в 1 мин.
9. Какие факторы влияют на частоту и тип дыхания?
10. Аускультация легких и ее значение.
11. Порядок проведения аускультации.
12. Что такое везикулярное и бронхиальное дыхание и с чем это связано?
13. Что такое пневмограмма?
14. Какие защитные дыхательные рефлексы вы знаете и чем они вызваны?
15. Что такое кашель и чихание?
16. Почему происходит остановка дыхания при вдыхании нашатырного спирта?
17. Что относится к верхним дыхательным путям?
18. Значение верхних дыхательных путей.
19. Почему верхние дыхательные пути называют «вредным пространством»?
20. Какой воздух называется дыхательным?
21. Какой воздух называется дополнительным, резервным?
22. Что такое жизненная емкость легких и от чего она зависит?
23. Что такое общая емкость легких?
24. Какой воздух называется остаточным?
25. Что такое минутный объем легочной вентиляции?
26. От чего зависит минутный объем легочной вентиляции?
27. Что такое коэффициент легочной вентиляции?

28. Какое дыхание лучше – частое и поверхностное или редкое и глубокое?  
Почему?
29. Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.
30. Что обеспечивает газообмен в легких и тканях.
31. Где происходит окисление и восстановление гемоглобина?
32. Что такое парциальное давление?
33. Какое парциальное давление  $O_2$  и  $CO_2$  в альвеолах легких и венозной крови?
34. Когда меньше давление в плевральном пространстве, при вдохе или выдохе?
35. Что такое пневмоторакс и ателектаз?
36. Значение отрицательного внутригрудного давления в процессе дыхания.
37. Когда образовалось в грудной полости отрицательное давление?
38. От чего зависит автоматизм дыхательного центра?
39. Механизм первого вдоха новорожденного.
40. Почему во время мышечной работы усиливаются глубина и частота дыхания?
41. Особенности дыхания у молодых животных.
42. В чем проявляется связь дыхательной и сердечно-сосудистой систем?
43. Где находятся нервные элементы, участвующие в регуляции дыхания?
44. Дыхательный центр продолговатого мозга и его значение в процессе дыхания.
45. Как возбуждается дыхательный центр?
46. Как осуществляется саморегуляция дыхания?
47. Анатомические особенности органов дыхания у птиц.
48. Как циркулирует воздух в органах дыхания у птиц?
49. Роль воздухоносных мешков у птиц.
50. Что называется внешним и внутренним дыханием?
51. Акт вдоха, откуда приходят импульсы к выдыхателям и диафрагме, что происходит с грудной клеткой и почему совершается вдох?
52. Акт выдоха, откуда приходят импульсы к выдыхателям и диафрагме, что происходит с грудной клеткой и почему совершается выдох?
53. Назовите дыхательные пути по которым поступает вдыхаемый воздух в легкие, как называется пространство, где часть воздуха задерживается?
54. Почему происходит диффузия кислорода и углекислоты между легкими и кровью?
55. Как совершается перенос кислорода к тканям, от тканей – углекислоты?
56. С каких рефлексогенных зон действуют химические раздражители, какие и как?
57. Изменение вентиляции легких и газообмена в зависимости от возраста, продуктивности, гипоксии, повышения во внешней среде углекислоты и др.
58. Строение легких у птиц и особенности их дыхания. Роль воздухоносных мешков.
59. Какими методами исследуют дыхание у животных?
60. Какое влияние на дыхательный центр оказывает избыток  $CO_2$  и недостаток  $O_2$  в крови?
61. Назовите основные регулируемые параметры в системе дыхания.
62. Назовите основные рефлексогенные зоны в дыхательной системе

63. Что такое коэффициент вентиляции легких? Как изменяются вентиляция легких и газообмен в зависимости от возраста, продуктивности, повышения во внешней среде углекислоты, пониженного или повышенного атмосферного давления?

64. В чем заключается взаимосвязь органов дыхания с другими системами организма?

65. Какую роль в дыхательных движениях играют активные и пассивные процессы?

66. Как вы понимаете выражение «саморегуляция дыхательного процесса»? Попробуйте изобразить этот процесс в виде схемы.

67. Роль углекислоты. Первый вдох

Тесты по теме « Физиология дыхания»

1. Импульсация от рецепторов растяжения легких вызывает торможение:

1. инспираторного отдела дыхательного центра
2. Экспираторного отдела дыхательного центра

2. Переход тканей из состояния покоя в деятельное состояние создает условие для:

1. увеличения диссоциации оксигемоглобина
2. уменьшения диссоциации оксигемоглобина
3. диссоциация оксигемоглобина не изменяется

3. В каком виде газы транспортируются кровью?

1. в растворенном и химически связанном
2. только в растворенном
3. только в химически связанном

4. Как изменится диссоциация оксигемоглобина при сдвиге кривой диссоциации влево?

1. диссоциация  $HbO_2$  увеличивается
2. диссоциация  $HbO_2$  уменьшается
3. диссоциация  $HbO_2$  не изменяется

5. Как изменится диссоциация оксигемоглобина при сдвиге кривой диссоциации вправо?

1. диссоциация  $HbO_2$  увеличивается
2. диссоциация  $HbO_2$  уменьшается
3. диссоциация  $HbO_2$  не изменяется

6. Максимальное количество кислорода, которое может связать кровь при данном насыщении гемоглобина кислородом называется:

1. кислородной емкостью крови
2. кислородной задолжностью крови



7. Кислород переносится кровью:

1. в растворенном виде и в соединении с гемоглобином
2. в растворенном виде
3. в соединении с гемоглобином

8. Укажите валентность железа в составе молекулы НbА:

1. 3-валентное
2. 2-валентное

9. В каком из соединений гемоглобина железо трехвалентно?

1. метгемоглобин
2. оксигемоглобин

10. Укажите соединения гемоглобина, которые не могут обеспечить нормального транспорта кислорода в организме:

1. метгемоглобин, сульфгемоглобин
2. оксигемоглобин, метгемоглобин, сульфгемоглобин

11. Соединяясь с гемоглобином, кислород образует легко диссоциирующее соединение, которое называется:

1. Оксигемоглобин
2. метгемоглобин,
3. сульфгемоглобин

12. Сколько миллилитров кислорода может связать один грамм чистого гемоглобина (по разным источникам литературы)?

1. от 1,34 до 1,39 мл
2. от 13,4 до 13,9 мл
3. от 0,134 до 0,139 мл

13. Как повлияет на величину кислородной емкости крови (КЕК) уменьшение концентрации гемоглобина?

1. КЕК уменьшится
2. КЕК увеличится
3. КЕК не изменится

14. Как называется соединение гемоглобина с угарным газом?

1. Карбоксигемоглобин
2. оксигемоглобин,
3. метгемоглобин,
4. сульфгемоглобин

15. Укажите номер ответа, в котором содержится наиболее полная информация о том, в каком виде переносится кровью углекислый газ?

1. в составе бикарбонатов;
2. в соединении с белками (карбаминовые, или карбсоединения);
3. в физически растворенном состоянии)
4. 1-3

16. Перенос  $O_2$  и  $CO_2$  между кровью системных капилляров и клетками тканей осуществляется путем:

1. простой диффузии
2. активного транспорта

17. Карбоангидраза содержится:

1. только в эритроцитах
2. только в плазме

18. Деятельность дыхательного центра, определяющего частоту и глубину дыхания, зависит прежде всего от:

1. напряжения газов, растворенных в крови, и концентрации  $H$ -ионов
2.  $pCO_2$  в артериальной крови

19. Ведущее значение в регуляции величины вентиляции легких имеет:

1.  $pCO_2$  в артериальной крови
2.  $pO_2$  в артериальной крови
3. 1-2

20. При снижении капилляротканевого градиента  $pO_2$  кислород поступает в ткани:

1. в уменьшенном количестве
2. в большем количестве
3. в неизменном количестве

21. Периферические хеморецепторы, участвующие в регуляции дыхания, локализируются в:

1. каротидных тельцах и тельцах дуги аорты
2. артериовенозных анастомозах

22. Периферические хеморецепторы, участвующие в регуляции дыхания, реагируют на:

1. увеличение  $pCO_2$ ,
2. снижение  $pO_2$  и
3.  $pH$  в артериальной крови
4. 1-3

23. В каком из приведенных ответов указаны все показатели внешнего дыхания, необходимые для расчета "ЖЕЛ"?

- 1.ДО, РОвд, РОвыд
- 2.ДО, Ровд
3. ДО, РОвыд

24.Укажите состав вдыхаемого воздуха?

- 1.углекислый газ - 0,03%, кислород - 20,93%
- 2.углекислый газ –4,00,кислород -16,30
- 3.углекислый газ –5,20,кислород -14,20

25.Величина вентиляции легких регулируется так, чтобы обеспечить постоянство:

- 1.газового состава альвеолярного воздуха
2. газового состава вдыхаемого воздуха
- 3.газового состава выдыхаемого воздуха

26.Как изменится тонус сосудов малого круга кровообращения при снижении PO<sub>2</sub> в альвеолах?

- 1.увеличивается
- 2.уменьшается
3. не изменяется

27.Вдох происходит при условии, когда:

- 1.давление в альвеолах становится ниже атмосферного
- 2.давление в альвеолах становится выше атмосферного
3. давление в альвеолах становится равно атмосферному

28.В каком из ответов дается правильное название максимального количества воздуха, которое может находиться в легких?

- 1.общая емкость легких
- 2.жизненная емкость легких

29.Каким путем осуществляется перенос кислорода и двуокиси углерода через альвеолярно-капиллярный барьер?

- 1.путем простой диффузии
2. путем активного транспорта
- 3.1-2

30.Укажите формулу, по которой рассчитывается общая емкость легких?

- 1.ОО + ЖЕЛ
- 2.ДО+ ОО
3. РОвд, РОвыд +ОО

31.Как называется показатель внешнего дыхания, отражающий максимально возможное количество, воздуха, которое может быть провентирировано через легкие за 1 минуту?

- 1.максимальная вентиляция легких (МВЛ)

2.минутным объемом дыхания

32.Какие типы дыхания Вы знаете?

- 1.легочное
- 2.кожное
3. жаберное
- 4.1-3

33.Укажите основные способы движения газов на разных этапах дыхательного процесса?

- 1.конвекция
2. диффузия
- 3.1-2

34.Каким способом движутся газы в процессе легочной вентиляции?

- 1.конвекцией диффузией
2. конвекция
3. диффузия

35.Каким способом движутся газы в процессе газообмена в легких?

- 1.Диффузией
- 2.конвекцией диффузией
3. конвекцией

36.Каким способом движутся газы в процессе транспорта их кровью?

- 1.Диффузией
- 2.конвекцией диффузией
3. конвекцией

37.Каким способом движутся газы в процессе газообмена в тканях?

- 1.Диффузией
- 2.конвекцией диффузией
3. конвекция

38.Как изменяется просвет дыхательных путей во время вдоха?

- 1.увеличивается
- 2.уменьшается
3. не изменяется

39.Как изменяется просвет дыхательных путей во время выдоха?

- 1.увеличивается
- 2.уменьшается
3. не изменяется

40. Какова величина внутриплеврального давления во время вдоха и выдоха?

1. во время выдоха -3-4 мм.рт.ст., во время вдоха -6-8 мм.рт.ст.
2. во время выдоха -6-8 мм.рт.ст., во время вдоха-3-4 мм.рт.ст.

41. Какова величина давления в альвеолах по сравнению с атмосферным при спокойном вдохе?

1. ниже
2. выше
3. равно

42. От каких факторов не зависит минутный объем дыхания?

1. величины анатомического мертвого пространства
2. величины функционального мертвого пространства

43. Что является морфологической и функциональной единицей легкого

- 1) ацинус,
- 2) энтероцит
- 3) лейкоцит,
- 4) аксон,

44. Что не относится к функциям воздухоносных путей (нос, ротовая полость, глотка, гортань, трахея).

- 1) увлажнение,
- 2) согревание,
- 3) очищение воздуха,
- 4) восприятие обонятельных раздражений
- 5) переваривание питательных веществ

45. При спокойном дыхании выдох осуществляется

- 1) активно
- 2) пассивно

46. Анатомическое мертвое пространство

- 1) легкие
- 2) сосуды
- 3) воздухоносные пути (нос, ротовая полость, глотка, гортань, трахея)

47. При вдохе давление в плевральной полости

- 1) ниже атмосферного
- 2) выше атмосферного
- 3) равно атмосферному

48. Какие этапы включает легочное дыхание

- 1) обмен воздуха между внешней средой и легкими;

- 2) обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью.
- 3) транспорт кислорода и углекислого газа кровью;
- 4) обмен газов между кровью капилляров большого круга кровообращения и тканевой жидкостью;
- 5) внутриклеточное дыхание

49. Что такое минутный объем дыхания

- 1) величина объема воздуха полученного при умножении, поступившего в легкие за один вдох (дыхательного объема), на число дыхательных движений в минуту.
- 2) образование определенного количества тепла при потреблении 1л O<sub>2</sub>
- 3) объемное соотношение выделенного CO<sub>2</sub> к поглощенному O<sub>2</sub> за тот же промежуток времени.

50. Выдыхаемый воздух содержит

- 1) больше кислорода и меньше углекислого, газа в сравнении с альвеолярным
- 2) меньше кислорода и больше углекислого, газа в сравнении с альвеолярным
- 3) больше кислорода и больше углекислого, газа в сравнении с альвеолярным

51. Кислородная емкость крови

- 1) количество O<sub>2</sub> которое связывается кровью до полного насыщения Hb
- 2) объемное соотношение выделенного CO<sub>2</sub> к поглощенному O<sub>2</sub> за тот же промежуток времени.
- 3) образование определенного количества тепла. при потреблении 1л O<sub>2</sub> ,

52. Константа Гюфнера

- 1) 1г Hb – 1,36 – 1,34 мл O<sub>2</sub>.
- 2) 1г Hb – 1,70- 1,84 мл O<sub>2</sub>.
- 3) 1г Hb – 10 – 13 мл O<sub>2</sub>.

53. Газообмен происходит во время вдоха и выдоха.

- 1) у собак,
- 2) у птиц,
- 3) у лошадей
- 4) у коров

54. Функциональная остаточная емкость =

- 1) резервный объем выдоха + остаточный объем
- 2) резервный объем выдоха + дыхательный объем
- 3) резервный объем вдоха + остаточный объем
- 4) резервный объем вдоха + дыхательный объем

55. Как соотносятся между собой концентрации кислорода во вдыхаемом, альвеолярном и выдыхаемом воздухе?

- 1) (вдыхаемый) > (альвеолярный) > (выдыхаемый)
- 2) (вдыхаемый) < (альвеолярный) < (выдыхаемый)

- 3) (вдыхаемый) > (альвеолярный) < (выдыхаемый)  
 4.) (вдыхаемый) < (альвеолярный) > (выдыхаемый)

56.Центральный дыхательный механизм располагается в

- 1) в спинном мозге  
 2)в стволе мозга  
 3) в гипоталамусе  
 4) в мозжечке

57. Активация рецепторов растяжения легких вызывает

- 1)торможение вдоха и начало выдоха.  
 2)торможение выдоха и начало вдоха.

### ОТВЕТЫ

1.	1
2.	1
3.	1
4.	1
5.	2
6.	1
7.	1
8.	2
9.	1
10.	1
11.	1
12.	1
13.	1
14.	1
15.	4

16.	1
17.	1
18.	1
19.	1
20.	1
21.	1
22.	2
23.	1
24.	1
25.	1
26.	1
27.	1
28.	1
29.	1
30.	1

31.	1
32.	4
33.	3
34.	1
35.	1
36.	3
37.	1
38.	1
39.	2
40.	1
41.	1
42.	1
43.	1
44.	5
45.	2

46.	3
47.	1
48.	1,2
49.	1
50.	1
51.	1
52.	1
53.	2
54.	1
55.	3
56.	2
57.	1

### ЛИТЕРАТУРА

#### Основная

1. Битюков И.П., Лысов В.Ф., Сафонов Н.А. Практикум по физиологии сельскохозяйственных животных.- М.: Агропромиздат, 1990.- 256 с.
2. Голиков А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных.- М.: Агропромиздат, 1991.- 432 с.
3. Георгиевский В.И. Физиология сельскохозяйственных животных.-М.: Агропромиздат, 1990.- 511с.
4. Костин А.П., Мещеряков Ф.А., Сысоев А.А. Физиология сельскохозяйственных животных.- М.: Колос, 1983.- 479 с.

#### Дополнительная

5. Физиология сельскохозяйственных животных: Метод, указ, к лабораторным работам для студентов зооинженерного и ветеринарного факультетов / П.М.Катуранов,

М.М.Муртазаев, В.К.Гусаков и др.- Горки, 1991.- 92 с.-Разделы: 1. Кровь; 2. Сердечно-сосудистая система; 3. Дыхание.

6. Лысов В.Ф.,Максимов В.И. Основы физиологии и этологии животных .- М.:КолосС,2004.- 248 с.

#### **Дополнительная**

7. Сравнительная физиология животных: В 2 т./ Под ред. Л. Проссера. Т. 2. М., 1978.

8. Ноздрачев А. Д., Баженов Ю. И., Баранников И. А., Батуев А. С. Начало физиологии: Учеб. для вузов. СПб., 2001.

9. Руководство к практическим занятиям по физиологии / Под ред. Г. И. Косицкого, В. А. Полянцева. М., 1988.

10. Малый практикум по физиологии человека и животных: Учеб. пособие / А. С. Батуев и др.; Под ред. А. С. Батуева. СПб., 2001.

11. Общий курс физиологии человека и животных: Учеб. для студ. биол. и мед. спец. Вузов / Ред. А. Д. Ноздрачев. М., 1991.

12. Проссер Л., Браун Ф. Сравнительная физиология животных. М., 1967.

13. Физиология. Основы и функциональные системы: Курс лекций для вузов / Под ред. К. В. Судакова. М., 2000.

14. Практикум по физиологии сельскохозяйственных животных. / Под ред. П. Н. Котуранова. Мк., 2000.

15. И. П. Битюков., В. Ф. Лысова., Н. А. Сафонов. Практикум по физиологии сельскохозяйственных животных. М., 1990.