

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Брянский государственный аграрный университет"

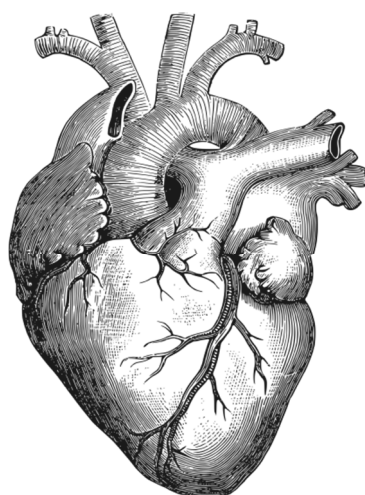
Института ветеринарной медицины и биотехнологии

Кафедра нормальной и патологической морфологии
и физиологии животных

Физиология и этология животных

Система крово- и лимфообращения

Методические рекомендации к лабораторным занятиям
для студентов очной и заочной форм обучения
по специальности 36.05.01 «Ветеринария»



Брянская область
2016

УДК. 636:612:636:612.81 (075)

ББК 46

О 34

Овсеенко Ю.В., Кривопушкина Е.А., Горшкова Е.В. Система крово- и лимфообращения: Методические рекомендации / Ю.В. Овсеенко, Е.А. Кривопушкина, Е.В. Горшкова. - Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2016 г. – 30 с.

Методические рекомендации предназначены для студентов по специальности 36.05.01 «Ветеринария». Методические рекомендации содержат теоретический и практический материал по разделам: «Сердечнососудистая система» и «Система лимфообращения». В них приведены работы, предусмотренные программой, актуализированной в соответствии с ФГОС ВО специальности 36.05.01 утвержденным приказом Минобрнауки РФ от 3 сентября 2015г. № 962.

Рецензент: кандидат биологических наук, доцент кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветсанэкспертизы Бобкова Г.Н.

Рекомендовано к изданию методической комиссией института ветеринарной медицины и биотехнологии Брянского ГАУ, протокол №5 от 12.02.2016 года.

© Брянский ГАУ, 2016
© Ю.В. Овсеенко, 2016
© Е.А. Кривопушкина, 2016
© Е.В. Горшкова, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Заболевания сердца и сосудов занимают в настоящее время одно из ведущих мест в структуре общей заболеваемости животных.

Изучение крово- и лимфообращения является основой для понимания патологических процессов, происходящих в сердце, сосудах и целостном организме, для разработки мер профилактики и лечения ряда заболеваний сердечнососудистой системы (хроническая сердечная недостаточность, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, гипо- и гипертензия и др.).

Исследование деятельности сердечнососудистой системы включает оценку функционального состояния сердца (пальпация сердечного толчка, перкуссия и аускультация сердца, электрокардиография и др.) и сосудов (исследование артериального пульса, измерение кровяного давления).

В ходе изучения этих разделов физиологии студенты приобретают навыки постановки и проведения экспериментов на лабораторных животных, анализа полученных результатов.

Данные методические указания помогут студентам самостоятельно выполнить лабораторные работы, более тщательно подготовиться к лабораторным занятиям, коллоквиуму и экзамену.

Перед занятием студент должен ознакомиться с теоретической частью, ходом выполнения работы и ответить на контрольные вопросы.

Лабораторные работы выполняются группой, состоящей из 2-3 студентов.

Сердечнососудистая система - это транспортная сеть организма, связывающая между собой все его части. В организме позвоночных животных кровь циркулирует по замкнутой системе кровообращения, и нигде не вступает в непосредственный контакт с клетками. Прекращение кровоснабжения органов, особенно мозга, даже на непродолжительное время вызывает необратимые изменения в них и приводит к смерти.

Система кровообращения включает в себя полости сердца и сеть кровеносных сосудов: артерии, артериолы, капилляры, венулы, вены и артерио-венозные анастомозы (рис. 1).

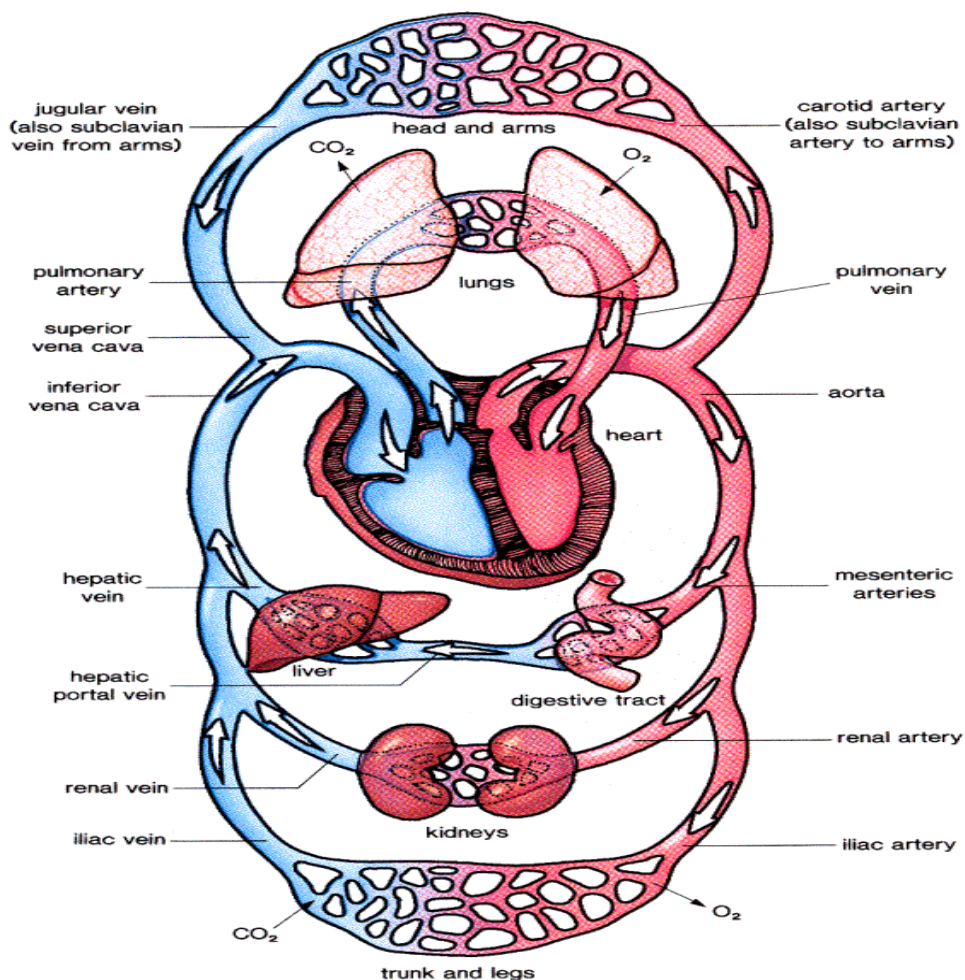


Рис. 1. Схема кровообращения

Артерии (гр. аег воздух + тегео содержать) - сосуды, несущие кровь от сердца. Одно время считалось, что в артериях находится воздух, а в венах кровь. Артерии состоят из трех слоев: внутреннего, среднего и наружного. В зависимости от строения среднего слоя выделяют артерии эластического и мышечного типа.

Вены - сосуды, несущие кровь к сердцу.

Различают большой и малый круги кровообращения.

Большой круг кровообращения (системный) - путь от левого желудочка через капилляры органов и тканей до правого предсердия. Назначение большого круга заключается в снабжении всех органов организма кислородом и питательными веществами и удалении углекислого газа и продуктов метаболизма.

Малый круг кровообращения (легочный) - путь от правого желудочка через капилляры легочных альвеол до левого предсердия. Основная функция малого круга заключается в насыщении крови кислородом и удалении углекислого газа в лёгочных альвеолах.

Сердце (гр. *cardia*, лат. *cor*) - полый мышечный орган, состоящий у высших животных, из четырех камер: двух предсердий и двух желудочков (рис. 2).

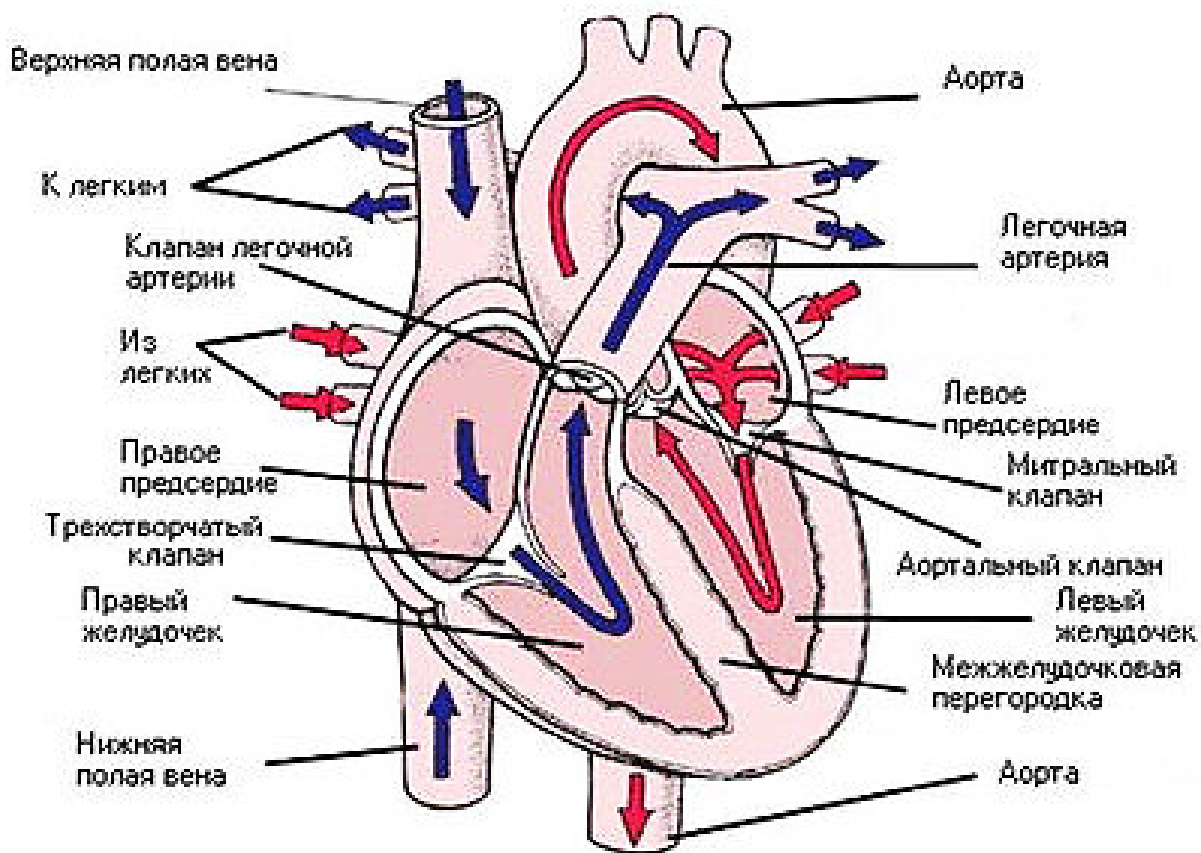


Рис. 2. Строение сердца

В правое предсердие впадают полые вены, в левое предсердие - легочные вены (несущие артериальную кровь из легких). Из левого желудочка берет начало аорта, а из правого - легочная артерия.

На границе между предсердиями и желудочками находятся атрио-вентрикулярные клапаны, в левом предсердии двухстворчатый, в правом - трехстворчатый. В начале аорты и легочной артерии расположены полулунные клапаны. Клапаны сердца обеспечивают одностороннее движение крови.

Период одного полного сокращения и расслабления составляет сердечный цикл (рис. 3). Сердечный цикл млекопитающих включает: **си-**

столю (гр. systole сокращение) и **диастолу** (гр. diastole расширение) предсердий и желудочков.

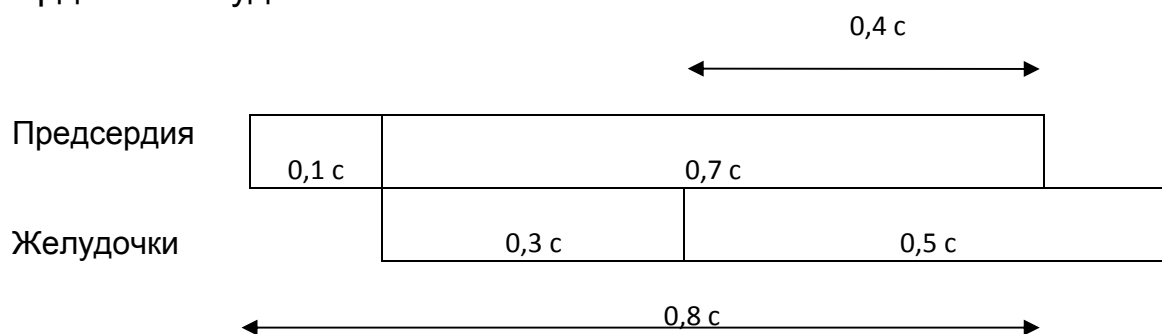


Рис. 3. Схема сердечного цикла

Сердечный цикл начинается сокращением предсердий, которое длится 0,1 с (в этот период желудочки расслаблены). Далее происходит сокращения желудочков, которое длится 0,3 с (в этот период предсердия расслаблены).

Из схемы видно, что диастола предсердий очень продолжительная и период совместного расслабления (общая пауза) составляет 50 % сердечного цикла. При умеренной тахикардии (гр. tachys скорый) более 100 ударов в минуту уменьшается в основном диастола, а при очень частых сокращениях не только происходит сокращение диастолы (в 4-5 раз), но и систолы.

Частота сердечных сокращений зависит от массы тела, возраста, пола, физиологического состояния и др. Частота сердечных сокращений (уд./мин): слона 25-28, лошади 25-42, крупный рогатый скот 50-75, свиньи 60-80, кролики 100-140, куры 130-200, мыши 550-720, колибри 1000-1200 (в полете).

Сердце лягушки трехкамерное, состоит из двух предсердий и одного желудочка. В правое предсердие впадают полые вены, образующие расширение - венозный синус, в левое предсердие впадают легочные вены. В правое предсердие поступает смешанная кровь, а в левое предсердие артериальная. В желудочке происходит дальнейшее смешение крови. От желудочка отходит конус аорты, дающий начало правой и левой ветвям.

Деятельность сердца лягушки включает 4 фазы: систолу венозного синуса, систолу предсердий, систолу желудочка и общую паузу.

Работа 1. Регистрация работы сердца лягушки

Ход работы. Обездвижить лягушку путем удаления головного и разрушения спинного мозга. Для этого обернуть лягушку в марлевую салфетку, вставить браншу ножниц в полость рта и отсечь черепную коробку за глазничными буграми. После этого ввести иглу в спинномозговой канал на 1,5-2 см и разрушить спинной мозг.

Закрепить лягушку булавками брюшком вверх на деревянной дощечке. Сделать Т-образный разрез кожи от середины брюшка вверх по средней линии, а затем поперечный разрез в обе стороны плечевого пояса. Удалить треугольные лоскуты кожи. Приподнять пинцетом мечевидный отросток грудины, рассечь плечевой пояс и удалить грудину. Приподнять сердце пинцетом за сердечную сорочку, надрезать сердечную уздечку и удалить сорочку. Укрепить дощечку с лягушкой в штативе. Захватить верхушку сердца специальным зажимом (серфином), подсоединить его к писчику и произвести запись сокращений с помощью кимографа.

Контрольные вопросы

1. Каково строение сердца млекопитающих и лягушки?
2. Что такое сердечный цикл, и из каких фаз он состоит?
3. Что такое систола и диастола?

Работа 2. Изучение возбудимости сердечной мышцы

В период систолы сердечная мышца не отвечает, ни на какие дополнительные раздражения. Период **абсолютной рефрактерности** (полной невозбудимости), у сердечной мышцы намного продолжительнее, чем у скелетных мышц и совпадает по времени с периодом систолы. В период диастолы сердечная мышца обладает **относительной рефрактерностью** (частичной невозбудимостью), т.е. может отвечать внеочередным сокращением (экстрасистолой) лишь на очень сильные раздражители. За внеочередным сокращением наступает удлиненная компенсаторная пауза, при которой выпадает очередное сокращение. Это обусловлено тем, что очередной импульс из синусового узла совпадает с рефрактерной фазой экстрасистолы.

Экстрасистолы можно обнаружить у 60-70 % людей. В основном они носят **функциональный** (нейрогенный) характер, их появление провоцируют стресс, курение, алкоголь, крепкий чай и особенно кофе (рис. 4).

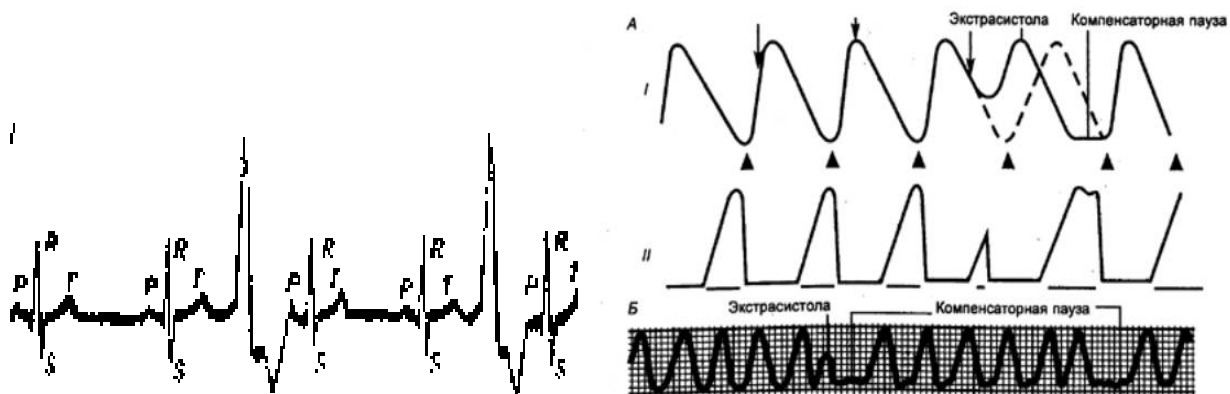


Рис. 4. Экстрасистола

Экстрасистолы органического происхождения возникают при повреждении миокарда (ишемическая болезнь сердца, кардиосклероз, дистрофия, воспаление).

Ход работы. Для выполнения данного опыта используют лягушку из предыдущей работы. Приложить концы электродов электростимулятора по обе стороны желудочка сердца и наносить одиночные удары тока в момент систолы желудочка. Убедиться, что раздражение сердца в период систолы не вызывает изменение его деятельности. Произвести раздражение сердца одиночными ударами электрического тока в начальный период диастолы и отметить появление при этом внеочередного сокращения.

Контрольные вопросы

1. Что такое абсолютная и относительная рефрактерность и какой фазе сердечного цикла они соответствуют?
2. Что такое экстрасистола и чем она вызвана?
3. Что такое компенсаторная пауза и чем она обусловлена?

Работа 3. Автоматия сердца (опыт Станниуса)

Автоматия - способность сердца работать вне организма без участия центральной нервной системы под воздействием импульсов, возникающих в нем самом. Это свойство сердечной мышцы обусловлено наличием в ней атипической мускулатуры, составляющей проводящую систему сердца (рис. 5).

У млекопитающих проводящая система сердца состоит из:

1. **Синусного узла** (Кейт-Флека; A. Keith - англ. анатом 1866-1955; M.W. Flack - англ. физиолог 1882-1931), расположенного в области устья полых вен и обладающего наибольшей степенью автоматии. Этот узел является водителем сердечного ритма – **пейсмейкер** (англ. pacemaker задающий темп, водитель ритма). В синусном узле зарождаются наиболее сильные и частые импульсы, определяющие ритм работы сердца;

2. **Атриовентрикулярного узла** (Ашоффа-Тавара), расположенного в межпредсердной перегородке на границе между предсердиями и желудочками. Атриовентрикулярный узел является ведомым. В нем могут зарождаться менее сильные и более редкие импульсы. В обычных условиях работы сердца этот узел воспроизводит импульсы, поступающие к нему от синусного узла;

3. **Пучка Гиса** (W.His - нем. анатом 1863-1934), начинающегося от атриовентрикулярного узла и проходящего в межжелудочковой перегородке. Он состоит из двух ножек (левой и правой). Пучок Гиса обладает еще меньшей степенью автоматии. В нем могут зарождаться импульсы еще меньшей силы и частоты;

4. **Волокон Пуркинье** (I.E. Purkihje - чешский физиолог 1787-1869), являющихся конечным разветвлением пучка Гиса и заканчивающихся в клетках миокарда желудочков.

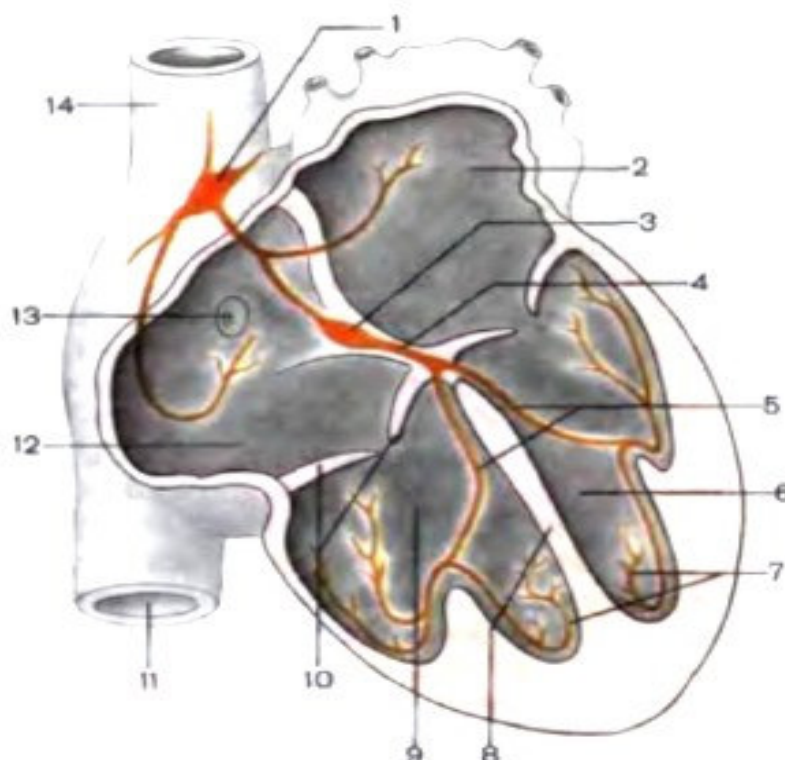


Рис. 5. Проводящая система сердца

1. Синусно-предсердный узел; 2. Левое предсердие; 3. Предсердно-желудочковый узел (атриовентрикулярный узел); 4. Предсердно-желудочковый пучок (пучок Гиса); 5. Правая и левая ножки пучка Гиса; 6. Левый желудочек; 7. Проводящие мышечные волокна Пуркинье; 8. Межжелудочковая перегородка; 9. Правый желудочек; 10. Правый предсердно-желудочковый клапан; 11. Нижняя полая вена; 12. Правое предсердие; 13. Отверстие венозного синуса; 14. Верхняя полая вена

Для изучения роли каждого узла и установления функциональных связей между ними немецкий физиолог Г. Станниус (H. F. Stannius 1808-1883, нем. биолог и физиолог) провел опыт с наложением лигатуры (перетяжка ниткой) на отдельные участки сердца. В результате опыта он установил наличие **градиента** автоматии (снижение степени автоматии) проводящей системы сердца по ходу движения крови через орган.

Ход работы. Подготовить лягушку, как описано в работе. Проследить за последовательностью сокращений венозного синуса, предсердий и желудочка. Подсчитать частоту сокращений венозного синуса. Подвести нитку под разветвление аорты и откинуть сердце вверх.

Затянуть лигатуру на границе между синусом и предсердиями. Ритм сокращений синуса обычно не изменяется, а предсердия и желудочек останавливаются. Это обусловлено тем, что через перетянутый участок не проходят импульсы, зарождающиеся в синусном узле, а атриовентрикулярный узел без раздражения не проявляет свою автоматическую деятельность (рис. 6).

Вторую лигатуру наложить между предсердиями и желудочком по атриовентрикулярной борозде. Механическое раздражение атриовентрикулярного узла вызывает его возбуждение и желудочек начинает снова сокращаться, но со значительно меньшей частотой.

Отрезать верхушку сердца ножницами и положить ее в чашку Петри с раствором Рингера. При этом отделенная верхушка не сокращается, так как ей не свойственна автоматия.

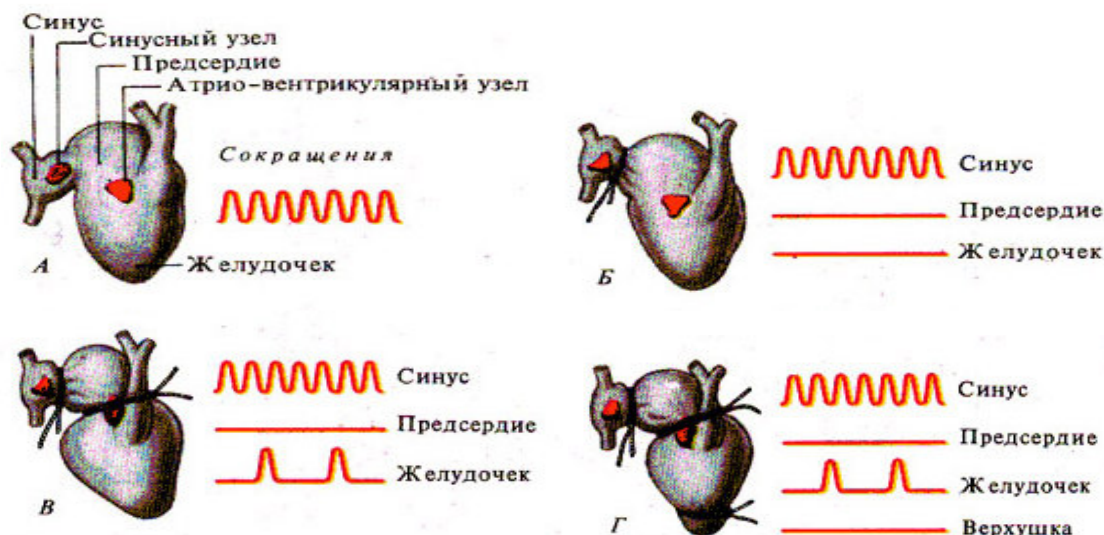


Рис. 6. Лигатуры Станниуса

А - без лигатур. Б - первая лигатура. В - вторая лигатура Г - третья лигатура

Контрольные вопросы

1. Назовите элементы проводящей системы сердца млекопитающих.
2. Какую функцию выполняет проводящая система сердца?
3. Что такое автоматия и чем она обусловлена?
4. Что такое градиент автоматии?
5. В чем заключается идея опыта Станниуса?

Работа 4. Нервная регуляция работы сердца (опыт Гольца и Даньини-Ашнера)

Сердце обладает совершенным механизмом регуляции, позволяющим очень тонко приспособить его деятельность в соответствии с потребностями организма. Нервная регуляция сердечной деятельности осуществляется за счет импульсов, поступающих к сердцу из центральной нервной системы по парасимпатическим и симпатическим нервам (рис. 7).

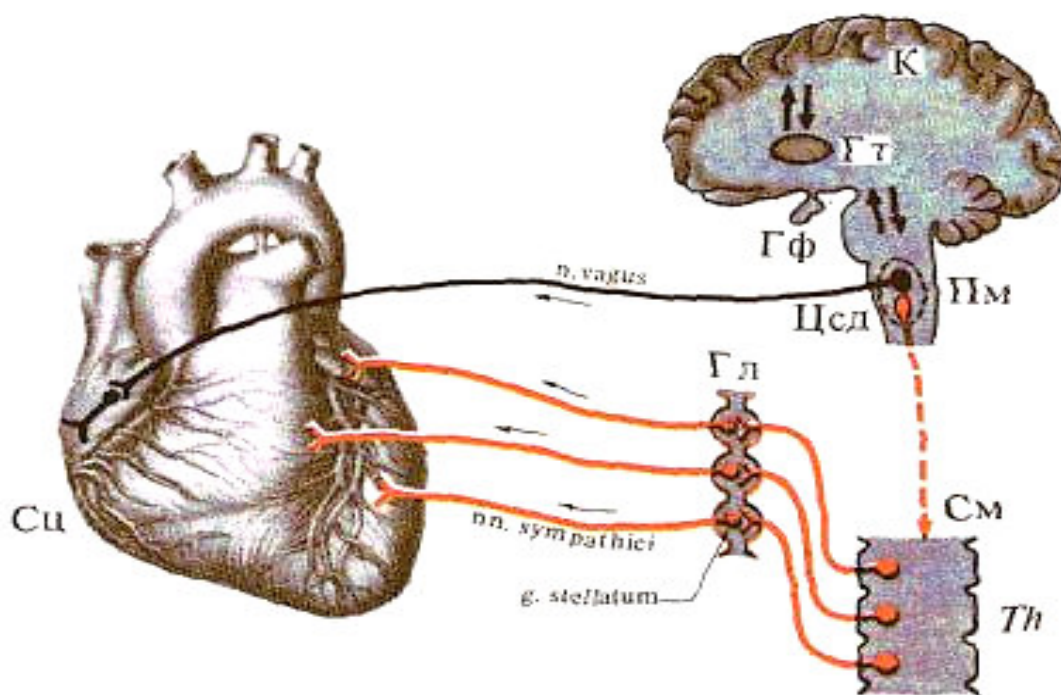


Рис. 7. Схема иннервации сердца

Парасимпатическая нервная система способствует снижению возбудимости и проводимости сердечной мышцы, уменьшению частоты и силы сокращений.

Симпатическая нервная система способствует повышению возбудимости и проводимости сердечной мышцы, увеличению частоты и силы сокращений.

Нервы, иннервирующие сердце имеют двухнейронную структуру. Нейроны первого порядка парасимпатической нервной системы расположены в продолговатом мозге. От них отходят отростки (аксоны), образующие блуждающий нерв (X пара черепно-мозговых нервов). В интрамуральных (внутриорганных) ганглиях сердца, куда доходят аксоны блуждающего нерва, расположены нейроны второго порядка, от которых идут короткие отростки к синусному узлу, мышечным волокнам предсердий и атриовентрикулярному узлу.

Нейроны первого порядка симпатической нервной системы, передающие импульсы к сердцу, расположены в боковых рогах пяти первых сегментов грудного отдела спинного мозга. Отростки этих нейронов заканчиваются в шейных и грудных симпатических ганглиях. В этих ганглиях находятся нейроны второго порядка. Большая часть постганглионарных симпатических нервных волокон, иннервирующих сердце, отходят от звездчатого узла, который образован тремя первыми грудными и каудальным шейным ганглием.

Опыт Гольца (F. Goltz, 1834-1902, нем. физиолог).

Ход работы. Подготовить лягушку, как описано в предыдущей работе. Подсчитать количество сердечных сокращений за одну минуту. За-

тем шпателем или пинцетом нанести 2-3 удара по брюшной стенке лягушки и снова подсчитать число сокращений сердца. Опыт подтверждает, что раздражением различных рефлексогенных зон (рецепторов, афферентных волокон) можно вызвать рефлекторное изменение деятельности сердца.

Опыт Даньини-Ашнера (G. Dagnini, 1866-1928, итал. врач; В. Aschner, 1883-1960, австрийский врач).

Ход работы. У испытуемого определить по пульсу частоту сокращений сердца. Затем через стерильные марлевые салфетки большими пальцами рук в течение 10 секунд медленно не сильно надавливать на оба глаза. После этого снова подсчитать частоту сокращений.

У человека и лошади при надавливании на глазные яблоки частота сердечных сокращений обычно замедляется. Это связано с тем, что при надавливании на глазные яблоки по афферентным волокнам глазодвигательного нерва (III пара черепно-мозговых нервов), импульсы поступают в продолговатый мозг, где берет начало блуждающий нерв, тормозящий работу сердца.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется иннервация сердца?
2. Какое влияние на работу сердца оказывает симпатическая и парасимпатическая нервная система?
3. Где расположены нейроны I и II порядка симпатической и парасимпатической нервной системы, участвующие в иннервации сердца?
4. В чем заключается идея опытов Гольца и Даньини-Ашнера?

Работа 5. Гуморальная регуляция работы сердца

Гуморальная регуляция осуществляется в результате действия через кровь различных гормонов, метаболитов, электролитов и других физиологически активных веществ. Наиболее выраженным действием на работу сердца обладает адреналин.

Действие адреналина подобно действию, которое наблюдается при раздражении симпатической нервной системы. Противоположный эффект оказывает ацетилхолин. Влияние ацетилхолина на работу сердца аналогично эффекту, возникающему при раздражении парасимпатической нервной системы.

Под действием ионов кальция сила сокращений сердечной мышцы увеличивается. Избыток ионов калия в крови угнетает сердечную деятельность, сила сокращений ослабевает, и сердце может остановиться в фазе диастолы.

Ход работы. Подготовить лягушку, как описано в работе 1. Для предохранения сердца от высыхания, его периодически орошать при помощи глазной пипетки раствором Рингера (изотонический по отноше-

нию к крови раствор, содержащий в 1 л воды 6 г NaCl, 0,01 г KCl, 0,02 г CaCl₂, 0,01 г NaHCO₃).

Подсчитать количество сокращений сердца за одну минуту. После этого орошать сердце раствором Рингера, охлажденным до температуры 1-5 °С, и подсчитать частоту сокращений сердца. Затем обмыть сердце раствором Рингера, подогретым до температуры 30-35 °С, и снова подсчитать частоту сокращений. Ведущую роль в изменении ритма сердечной деятельности при нагревании или охлаждении играет синусный узел.

Для изучения влияния гормонов и электролитов на работу сердца необходимо наложить лигатуру на обе дуги аорты как можно дальше от сердца. Перевязать полые вены выше венозного синуса, сделать надрез левой аорты, ввести в него канюлю и затянуть лигатуру. Добавить в канюлю раствор адреналина и произвести подсчет сокращений сердца за одну минуту. Отмыть сердце раствором Рингера (до тех пор, пока частота сокращений сердца не восстановится до исходной величины) и продолжать аналогичные опыты с раствором ацетилхолина, хлористого кальция и калия.

Контрольные вопросы

1. Что такое гуморальная регуляция, и за счет каких веществ она осуществляется?

2. Какое влияние на работу сердца оказывают, температура, адреналин, ацетилхолин, ионы Ca⁺⁺ и K⁺?

Работа 6. Регистрация биотоков сердца

Электрокардиография, метод исследования сердечной мышцы путём регистрации биоэлектрических потенциалов работающего сердца. Сущность метода состоит в записи разности потенциалов биоэлектрических токов, возникающих в миокарде в процессе его возбуждения. В возбужденном участке сердца возникает отрицательный заряд, а в невозбужденном - положительный, что и обуславливает разность потенциалов. Электрические потенциалы от сердца распространяются к поверхности тела животного, где их можно зарегистрировать с помощью электрокардиографа. Посредством электрокардиографии можно выявить все виды аритмии сердца, патологические изменения миокарда, нарушение внутрисердечного кровообращения (инфаркт, ишемия).

Для записи биотоков сердца обычно используют 3 отведения ЭДС. Первое - от грудных конечностей в области пястей (потенциалы возбуждения предсердий); второе - от пясти правой грудной и плюсны левой тазовой конечности (потенциалы возбуждения желудочков); третье - от пясти левой грудной и плюсны левой тазовой конечности (потенциалы возбуждения левого желудочка).

Кривая записи биотоков (рис. 8) - электрокардиограмма (ЭКГ) состоит из изопотенциальных линий и пяти зубцов (P, G, R, S, T). Зубцы PRT расположены кверху от изопотенциальной линии и называются положительными, а зубцы G, S расположены книзу от нее, называются отрицательными.

Оценку ЭКГ производят:

По высоте зубцов (в мм или мВ);

По форме и направлению зубцов;

По продолжительности интервалов (мм/с).

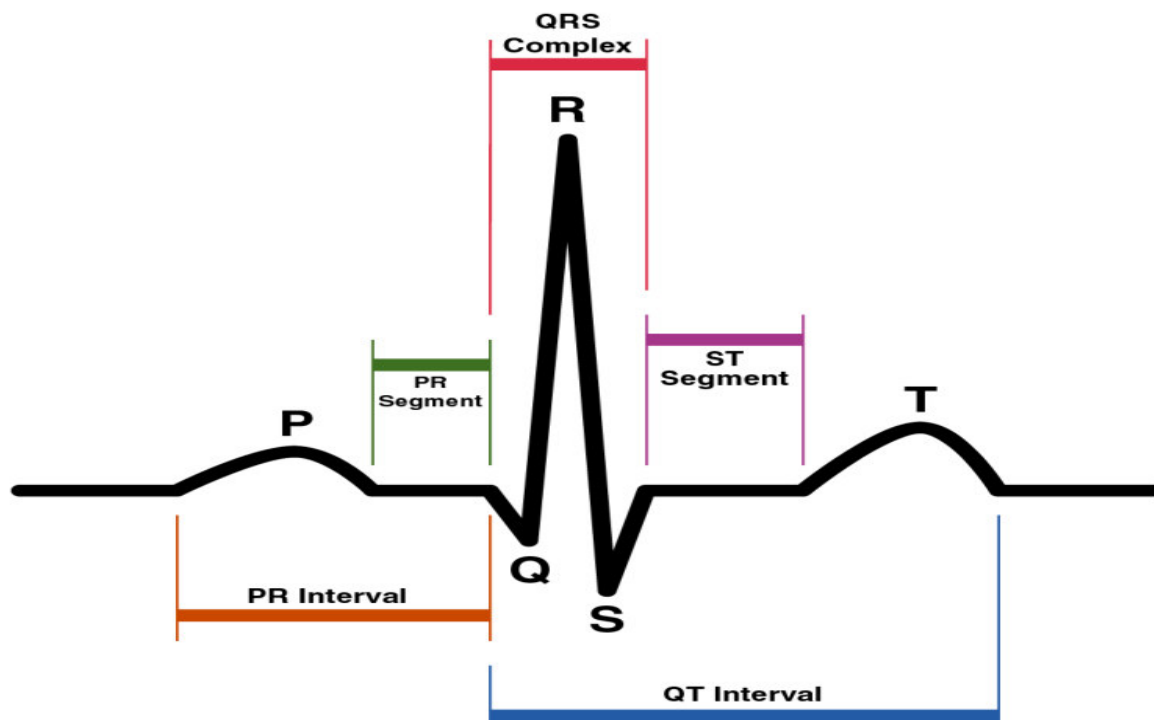


Рис. 8. Электрокардиограмма

В ЭКГ различают два периода: систолический от начала зубца P до конца зубца T, диастолический - от конца зубца T до начала зубца P.

Зубец P отражает сумму потенциалов предсердий и возникает в момент распространения возбуждения по ним.

Интервал P-G отражает время прохождения возбуждения по проводящей системе от узла Кейт-Флека до узла Ашоффа-Тавара. Зубец G отражает возбуждение внутренних слоев мышцы желудочков. Зубец R - отражает процесс охвата возбуждением желудочков. Зубец S - характеризует максимум возбуждения желудочков. Интервал S-T соответствует времени полного охвата возбуждением желудочков. Зубец T - соответствует реполяризации желудочков. Интервал R-R - время одного полного цикла.

Ход работы. Для демонстрации электрокардиографии необходимо изолированное от внешних раздражителей помещение. Животное должно быть спокойным. Поставить животное в станок, выстричь шерсть на

соответствующих участках конечностей и наложить электроды. Между кожей и электродами поместить прокладки из марли, смоченные раствором NaCl или специальной электродной пастой. Плотнo укрепить электроды с помощью резиновых бинтов. Подсоединить к электродам разноцветные штекеры проводов (согласно инструкции). Включить лентопротяжный механизм и произвести запись ЭКГ.

Наличие биотоков, возникающих в сердце при работе, можно установить в следующем опыте. Приготовить нервно-мышечный препарат и наложить седалищный нерв на изолированное из организма сердце лягушки. Биотоки, возникающие при сокращении желудочка сердца, вызывают возбуждение нерва, что приводит к сокращению икроножной мышцы (рис. 9).

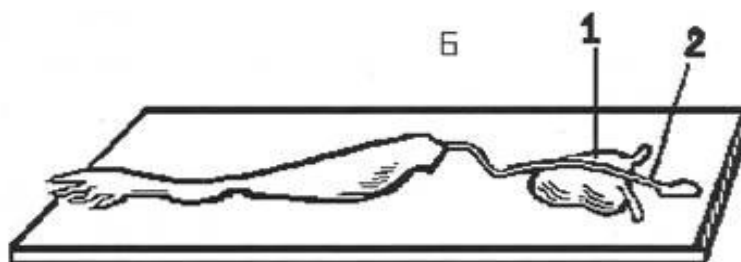


Рис. 9. Опыт подтверждающий наличие биотоков в сердце.
1. Сердце лягушки. 2. Седалищный нерв

Контрольные вопросы

1. Что такое электрокардиография, и с какой целью ее проводят?
2. Какие отведения ЭДС используют для записи ЭКГ?
3. Что такое электрокардиограмма, и по каким показателям проводят ее оценку?
4. Назовите зубцы ЭКГ, и какой фазе возбуждения сердца они соответствуют?
5. Какие заболевания сердца можно выявить с помощью электрокардиографии?

Работа 7. Наблюдение капиллярного кровообращения

Капилляры (лат. capillus волос) - мельчайшие кровеносные сосуды, в которых осуществляется обмен веществ между кровью и тканями (рис. 10).

Стенка капилляра состоит из одного слоя эндотелиальных клеток, расположенных на тонкой базальной мембране и не содержит гладкомышечных элементов. Длина капилляра колеблется от 0,3 до 0,7 мм, а диаметр (в среднем) 6 - 8 мкм. Диаметр капилляра меньше человеческого волоса в 50 раз. Эритроциты проходят через капилляры только поодиночке. Скорость движения крови по капиллярам 0,3-0,5 мм/с. Давление крови в артериальном конце капилляра 30-35, а в венозном 10-15 мм рт. ст.

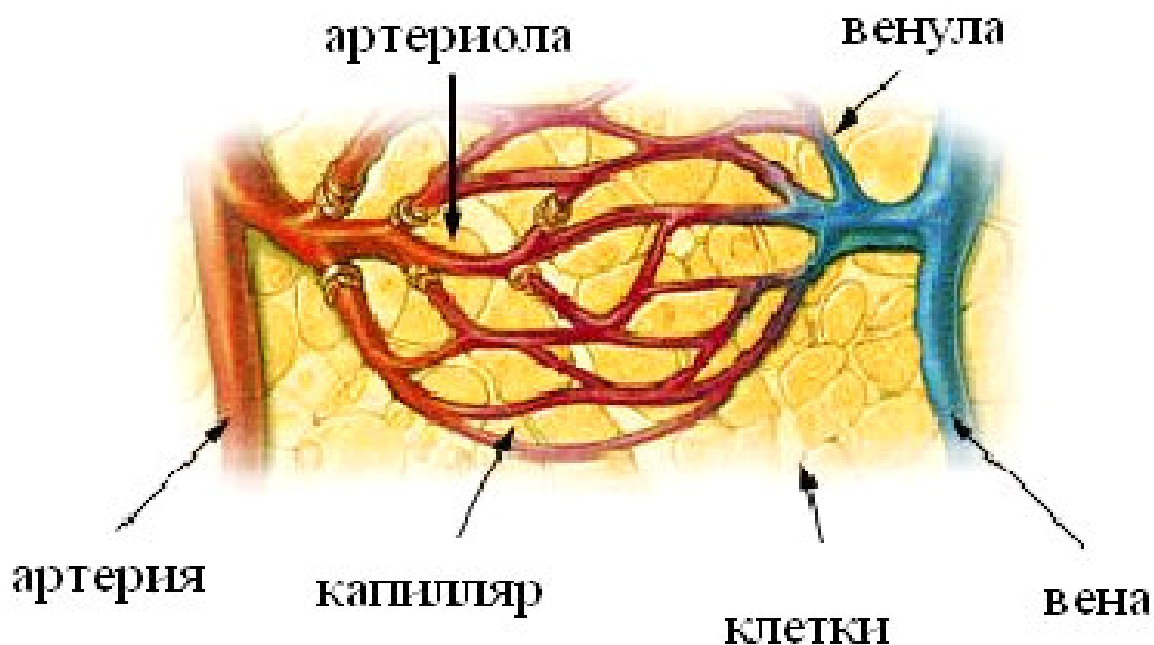


Рис. 10. Микроциркуляторное русло

Ход работы. Обездвижить лягушку путем наркотизирования эфиром. Для этого накрыть лягушку стеклянным стаканчиком и поместить туда ватку, смоченную эфиром. После обездвиживания поместить лягушку на деревянную дощечку брюшком вниз. Вытянуть у лягушки язык и растянуть его над отверстием дощечки, зафиксировать булавками.

Поместить дощечку с лягушкой на предметный столик микроскопа так, чтобы отверстие находилось под объективом. Рассматривать под малым увеличением, периодически смачивая язык лягушки раствором Рингера. Наблюдать артериолы, капилляры, венолы. Они отличаются друг от друга по диаметру, скорости и направлению движения крови.

В артериолах скорость движения крови выше, чем в капиллярах и ток крови неравномерный (пульсирующий). Эритроциты движутся в центре потока, а плазма по периферии. Движение крови по оси сосуда быстрее, чем по периферии.

Отметить малый размер капилляров, деформацию проходящих по ним отдельных эритроцитов, низкую скорость движения крови.

Нанести пипеткой на поверхность языка 2-3 капли раствора адреналина и наблюдать изменение просвета сосудов и скорости движения крови.

Контрольные вопросы

1. Что такое капилляры, и каковы их размеры?
2. Какую функцию выполняют капилляры?
3. Какова скорость движения и давление крови в капиллярах?
4. Какое влияние оказывает адреналин на сосуды языка?

Работа 8. Измерение кровяного давления

Артериальное давление - давление, развиваемое кровью в артериальных сосудах. Артериальное давление отражает деятельность сердечнососудистой системы, работу сердца, упругое сопротивление растяжению стенок аорты и артерий, периферическое сопротивление кровотоку. Уровень артериального давления определяется рядом факторов, среди которых состояние центральной нервной системы, работа сердца, эластичность сосудов являются основными.

Артериальное давление колеблется в зависимости от фазы сердечного цикла. В период систолы оно повышается (**систолическое (СД)** или **максимальное**), в период диастолы снижается (**диастолическое (ДД)** или **минимальное**). Разность между величиной систолического и диастолического давления составляет **пульсовое** давление (ПД). У человека в норме оно должно составлять 40-60 мм рт. ст. (ПД = СД – ДД).

В норме артериальное давление у животных составляет (табл. 1).

Таблица 1

Артериальное давление у животных, мм рт. ст.

Вид животных	Давление	
	максимальное	минимальное
Лошадь	110-140	30-50
Крупный рогатый скот	110-140	30-50
Мелкий рогатый скот	100-120	50-65
Свинья	135-155	45-55

У человека в норме артериальное давление составляет 110-140/70-80 мм рт.ст. **Оптимальное** (max) менее 120, (min) менее 80, **нормальное** (соответственно) менее 130 и менее 85, **повышенное нормальное** 130-139 и 85-89. **Гипертония** I степень (мягкая) 140-159 и 90-99, II степень (умеренная) 160-179 и 100-109 и III степень (тяжелая) более 180 и более 110.

Систолическое давление характеризует силу, с которой сердце изгоняет кровь из левого желудочка в сосуды, а второе указывает на тонус сосудов, который характерен для них в диастоле сердца.

Повышение артериального давления называется **гипертонией**, а понижение - **гипотонией**. У животных гипертония носит временный характер. Она возникает при артериосклерозе, болезнях почек. Повышение пульсового давления отмечается при недостаточности клапанов аорты, анемии.

В клинической практике артериальное давление определяют у крупного рогатого скота, лошадей и свиней на корне хвоста (хвостовой артерии), мелкого рогатого скота и собак на плечевой артерии.

Показателями, характеризующими силу и мощность сердечных сокращений являются - **ударный и минутный** объем сердца.

Ударный объем (УО, систолический) - количество крови, выбрасываемое желудочком в аорту при одной систоле. Ударный объем (УО) = $100 + 0,5 \cdot \text{ПД} - 0,6 \cdot \text{ДД} - 0,6 \cdot \text{Возраст (лет)}$.

Минутный объем сердца (МО, сердечный выброс) - количество крови, перекачиваемой желудочком сердца за 1 минуту. Минутный объем (МО) = $\text{УО} \cdot \text{ЧСС}$

У человека систолический объем равен 60-70 мл, а минутный 4,5 - 5 литров.

Ход работы. У человека на обнаженное плечо наложить манжетку так, чтобы она плотно охватила плечо, но не сдавливала кожу. Нижний край манжетки должен находиться выше локтевого сгиба не менее чем на 1 - 1,5 см. В локтевой ямке найти пульсирующую плечевую артерию и установить над ней фонендоскоп (рис. 11).

Накачать баллоном воздух, создать в манжете давление выше максимального (при этом пульс исчезает), слегка открыть винтовой клапан и постепенно выпускать воздух из манжетки. Момент появления ясных звуков (сосудистых тонов) соответствует систолическому давлению.

При дальнейшем снижении давления в манжете тоны усиливаются, а затем исчезают. Кровь при этом проходит через участок, сдавленный манжеткой, как во время систолы, так и во время диастолы. Показание тонометра во время исчезновения тонов соответствует величине диастолического давления.



Рис. 11. Измерение кровяного давления

Контрольные вопросы

1. Что такое артериальное кровяное давление и от чего оно зависит?
2. Где определяют артериальное давление у различных сельскохозяйственных животных?
3. Как измерить кровяное давление у человека?

4. Что такое максимальное, минимальное и пульсовое давление? Чему равна их величина у животных и человека?

5. Что такое гипо- и гипертония?

Работа 9. Исследование артериального пульса

Артериальный пульс - периодическое, толчкообразное колебание стенки артерии, возникающее вследствие выброса крови из сердца при его сокращении. Исследование артериального пульса проводят пальпацией поверхностно расположенных артерий, под которыми имеется твердое основание (рис. 12).

При исследовании пульса обращают внимание на его **ритм** (ритмичный, неритмичный), **частоту** (количество колебаний в минуту), **наполнение артерии** (полный, умеренный, пустой), **величину пульсовой волны** (большой волны, средней волны и нитевидный пульс), **напряжение сосудистой стенки** (жесткий, жестковатый, мягкий пульс).

Пульс отражает одновременно и гидравлический удар, и колебание самой стенки сосуда. Поэтому исследование пульса дает объективную оценку состояния сердечнососудистой системы, эластичности артериальной стенки.

Частота пульса (частота сердечных сокращений, ЧСС) в норме у животных приведена в таблице 2.

Таблица 2

Частота пульса, уд./мин.

Вид животных	Частота пульса
Лошадь	24-42
Крупный рогатый скот	50-80
Мелкий рогатый скот	70-80
Свиньи	60-90
Собаки	70-120
Куры	120-150

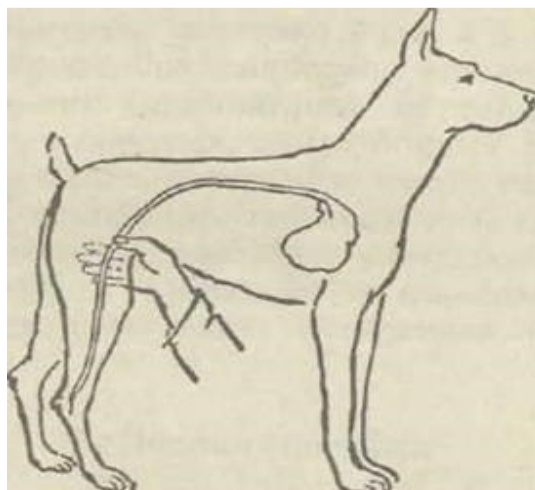


Рис. 12. Исследование артериального пульса

Учащение пульса (**тахикардия**) отмечается при повышении температуры тела, лихорадке, коллапсе, сердечной слабости, перегрузке медикаментами, отравлениях, пороках сердца, перикардите, эндокардите, миокардите, анемии и ряде других заболеваний.

Замедление (**брадикардия**) отмечается при переохлаждении, истощении, болезнях брюшины и внутренних органов, гипотиреозе и ряде других заболеваний.

Ход работы. Взять одной рукой недоуздок (у лошади), а двумя - тремя пальцами другой ощупать наружную челюстную артерию в области сосудистой вырезки нижней челюсти. Для этого необходимо приложить пальцы снизу и несколько с внутренней поверхности нижней челюсти. Исследовать пульс у лошади можно на височной артерии, находящейся на расстоянии 2-3 см от наружного угла глаза и на хвостовой артерии.

У крупного рогатого скота пальпируют среднюю хвостовую, наружную лицевую или подкожную артерию бедра и голени. Наружная лицевая артерия хорошо прощупывается по нижнему краю массетера. У мелкого рогатого скота пульс определяют на бедренной и плечевой артериях.

Контрольные вопросы

1. Что называется артериальным пульсом, и по каким показателям его оценивают?

2. Где определяют артериальный пульс у сельскохозяйственных животных?

3. Назовите величину артериального пульса у сельскохозяйственных животных.

4. Что такое тахикардия и брадикардия? При каких заболеваниях они возникают?

Работа 10. Пальпация (ощупывание) сердечного толчка

Работа сердца сопровождается рядом физических явлений, которые называются внешним проявлением деятельности сердца. Наибольшее значение для изучения функционального состояния сердца имеют сердечный толчок, движение крови по полостям сердца и сосудам, биоэлектрические явления и другие.

Сердечный толчок - колебание передней стенки грудной клетки, обусловленное сокращением сердца. Исследования сердечного толчка проводят с целью оценки сократительной функции сердца и его фазового анализа. Различают ослабленный, средний, усиленный и стучащий сердечный толчок.

Ослабленный сердечный толчок практически не ощупывается. Средний сердечный толчок ощупывается основанием большого пальца, усиленный - всей ладонью, а при стучащем толчке наблюдается колебание грудной клетки.

Ход работы. Стать с левой стороны животного, правую руку положить на спину, и чуть согнутыми пальцами левой руки слегка ощупать грудную стенку. У лошади сердце располагается в пятом межреберье на 7-8 см ниже линии лопатко-плечевого сустава, у крупного рогатого скота в четвертом межреберье на 2-3 см выше локтя. Межреберье можно определить путем обратного отсчета, зная, что у лошади 18 ребер, у жвачных -13.

После обнаружения сердечного толчка определить его силу, ритм, локализацию (место) и распространение (величину). Если площадь сердечного толчка соответствует площади большого пальца, то сердечный толчок считается ограниченным, а при увеличении его площади до размера ладони и более - распространенным.

Распространенный сердечный толчок наблюдается при расширении сердца, экссудативном перикардите и других заболеваниях сердца.

Контрольные вопросы

1. Что такое сердечный толчок?
2. Дайте характеристику сердечного толчка.
3. При каких заболеваниях наблюдается расширенный сердечный толчок?

Работа 11. Перкуссия (выстукивание) сердца

Перкуссию области сердца проводят с использованием перкуссионного молоточка и плессиметра (рис. 13).



Рис. 13. Плессиметры и перкуссионный молоточек

Методом инструментальной перкуссии определяют верхнюю и заднюю клинические границы сердца. Перкутируя область сердца сверху вниз по межреберным промежуткам, можно установить переход ясного легочного звука в притупленный, затем в тупой. Область сердца, прилегающая к грудной стенке, дает тупой звук (зона абсолютной тупости сердца), а прикрытая легкими - притупленный (зона относительной тупости сердца).

Увеличение зоны абсолютной тупости наблюдается при гипертрофии и расширении сердца, экссудативном перикардите и других заболеваниях.

Уменьшение зоны абсолютной тупости отмечают при эмфиземе легких и пневмотораксе. У лошади верхняя граница сердца (основание сердца) находится на 1-2 см ниже линии плечевого сустава, а зона абсолютной тупости лежит несколько ниже. Задняя граница сердца расположена у лошади до шестого ребра.

У крупного рогатого скота зона тупости сердца расположена в подлопаточной зоне и выражена слабо. Относительная тупость сердца перкуSSIONируется в 3-4 межреберьях. Верхняя граница ее достигает линии плечевого сустава, а задняя доходит до 5-го ребра.

Ход работы. При работе необходимо иметь двух помощников. Зафиксировать голову животного и отвести левую грудную конечность вперед. Взять молоточек между указательным и большим пальцами правой руки (остальные пальцы слегка поддерживают рукоятку). Поставить плессиметр в межреберье параллельно ребрам. Удар молоточком о плессиметр наносят перпендикулярно его поверхности только движением кисти руки. Удары по плессиметру должны быть короткими и отрывистыми. Для определения границ органов после второго удара молоточек на некоторое время задерживают на плессиметре. ПеркуSSIONию проводят умеренно быстро для того, чтобы между парами ударов можно было сравнить тональность звука. Ухо исследователя должно находиться на одном уровне с местом перкуSSIONи. Исследования проводят только в помещении, не ближе 1,5 м от стены.

Для определения верхней границы сердца перкуSSIONию ведут от края лопатки, сверху вниз до перехода звука из ясного легочного в притупленный. Верхняя перкуSSIONирующая граница сердца (основание сердца) соответствует появлению притупленного звука (зона относительной тупости).

Опуская плессиметр несколько ниже, определить зону абсолютной тупости сердца, перемещая плессиметр в очередное межреберье ступенчато вверх и назад до перехода звука из тупого в легочный.

Контрольные вопросы

1. Как проводят перкуSSIONию сердца?
2. Какие заболевания можно выявить с помощью перкуSSIONи сердца?
3. Что такое зона абсолютной и относительной тупости сердца?
4. Где расположены эти зоны у лошади и крупного рогатого скота?

Работа 12. Аускультация (выслушивание) сердца

Работа сердца сопровождается возникновением характерных звуков - тонов. Аускультацию тонов сердца проводят с использованием фонендоскопов, стетофонендоскопов и твердых стетоскопов (рис. 14).

Первый тон - **систолический** совпадает с началом систолы желудочков. Он возникает в результате закрытия атриовентрикулярных (двух - и трехстворчатых) клапанов, натяжения сухожильных нитей, напряжения мышц желудочков и их вибрацией. Систолический тон длительный, низкий, глухой (буу).

Второй тон - **диастолический** совпадает с началом диастолы желудочков. Он возникает при захлопывании створок полулунных клапанов аорты и легочной артерии, что приводит к колебаниям крови вследствие отдачи. Диастолический тон короткий, высокий, звонкий (дуп).



Рис. 14. Стетоскоп и фонендоскоп

Ход работы. Зафиксировать животное и, приложив фонендоскоп с левой стороны грудной клетки, прослушать тоны сердца.

У крупного рогатого скота проекция клапанов (пункты наилучшей слышимости) легочной артерии слева в третьем межреберье в середине нижней трети грудной клетки, клапаны аорты - слева в четвертом межреберье немного ниже линии плечевого сустава, двустворчатого клапана - слева в четвертом межреберье на середине нижней трети грудной клетки, трехстворчатого клапана - справа в четвертом межреберье на середине нижней трети грудной клетки на ширине 2-3 пальцев ниже плечевой линии.

У лошадей проекция клапанов легочной артерии расположена в третьем межреберье в середине нижней трети грудной клетки, на 4 пальца ниже линии плечевого сустава. Клапанов аорты - слева в четвертом межреберье немного ниже линии плечевого сустава. Двустворчатого клапана слева в пятом межреберье на середине нижней трети грудной клетки, на 2-3 пальца ниже плечевого сустава. Трехстворчатого клапана в четвертом межреберье на середине нижней трети грудной клетки на 3-4 пальца ниже линии плечевого сустава.

При аускультации обратить внимание на силу и ясность тонов, их тембр, частоту, ритм, наличие или отсутствие дополнительных тонов и шумов.

Контрольные вопросы

1. Что такое аускультация и как она проводится?
2. Что такое тоны сердца и от чего они возникают?
3. Дайте характеристику тонам сердца.

Система лимфообращения - состоит из **лимфатических капилляров, сосудов, узлов и протоков** (грудного и шейного). Основными функциями этой системы являются: **дренажная** - возвращается в кровь тканевая жидкости; **защитная** - роль биологического фильтра; **поступление белков** из печени и тканевой жидкости в кровь; **всасывание жиров** в кишечнике и их транспорт.

Лимфатические капилляры представляют собой замкнутые сосуды, имеют большой диаметр (10-200 мкм) и лишены базальной мембраны (рис. 15). Имеют большие щели между эндотелиоцитами в связи с чем, обладают высокой проницаемостью. Имеют разнообразную форму (в виде перчатки) и способны к растяжению. Лимфатические посткапилляры имеют клапаны.

Все ткани пронизаны лимфатическими капиллярами, которые образуют тончайшую сеть. Соединяясь, капилляры образуют мелкие **лимфатические сосуды**, а последние более крупные.

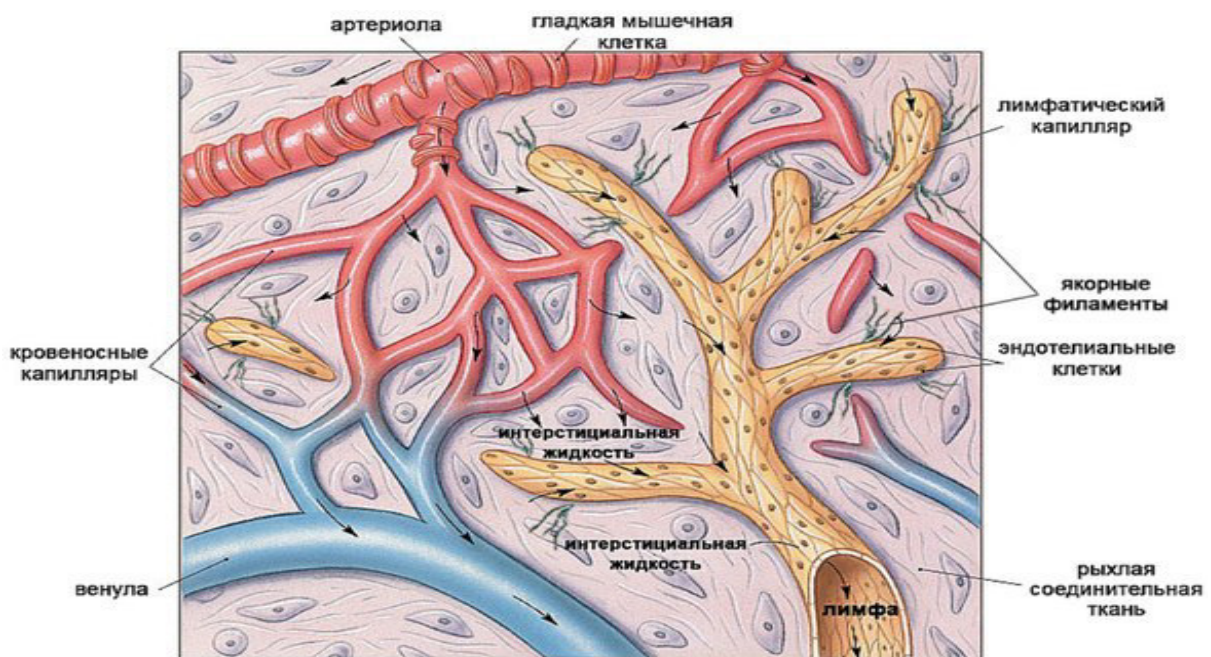


Рис. 15. Взаимодействие кровеносных и лимфатических капилляров

По ходу лимфатических сосудов расположены **лимфатические узлы** (у корня легких, в складках брыжейки, под кожей в области лопаток, в паху на шее, вокруг глотки и др. местах) (рис. 16). Лимфатические узлы выполняют функцию биологического фильтра. В них задерживаются ино-

родные частицы различные вещества и бактерии. В лимфатических узлах происходит лимфоцитопоз. При патологии лимфатические узлы увеличиваются. Макрофаги захватывают инородные частицы и бактерий, а лимфоциты вступают в контакт с антигенами, после чего превращаются в плазматические клетки, и продуцируют антитела.

В стенках более крупных лимфатических сосудов имеются гладкомышечные клетки и клапаны. Крупные лимфатические сосуды впадают в грудной и шейный **лимфатический протоки**, которые в свою очередь открываются в полые вены.

Лимфа (гр. *lymph* чистая вода) - всосавшаяся в лимфатические капилляры тканевая жидкость. Лимфа представляет собой бесцветную, прозрачную жидкость с плотностью 1,015.

В ней содержатся белки (2-6 %), небелковые азотсодержащие вещества, липиды, глюкоза, соли, гормоны, ферменты, витамины, антитела. Реакция лимфы щелочная (рН 7,5-9).



Рис. 16. Строение лимфатического узла

После приема жирной пищи она становится непрозрачной - молочно-белого цвета. В лимфатических сосудах кишечника, а также грудного лимфатического протока находится взвесь капелек жира (хиломикронов - гр. *chyros* сок + *mikros* малый - мельчайшие частицы ресинтезированных триглицеридов, холестерина, фосфолипидов и глобулинов, заключенных в липопротеиновую оболочку).

В лимфе грудного протока содержится от 5 до 20 тыс./мм³ лимфоцитов и в небольшом количестве гранулоциты и моноциты. В лимфе отсутствуют эритроциты и тромбоциты.

Лимфа способна свертываться, т.к. в ней содержится фибриноген.

В основе теории образования лимфы лежит фильтрационная теория. Образование лимфы происходит в результате разницы гидростатического давления в кровеносных капиллярах и тканевой жидкости.

Увеличение гидростатического давления крови в капиллярах способствует образованию лимфы, а повышение онкотического давления препятствует. Фильтрация жидкости из крови происходит в начальном (артериальном) конце капилляра, а возвращается она в кровь в венозном. В артериальном конце капилляра гидростатическое давление составляет 30-35 мм рт. ст., а в венозном 10-15 мм рт.ст. Онкотическое давление крови 20-30 мм рт.ст.

Сила **фильтрации** = гидростатическое давление (в артериальном конце капилляра) минус онкотическое давление = 10 мм рт.ст.

Сила **реабсорбции** = онкотическое давление минус гидростатическое давление в венозном конце капилляра = 5 мм рт.ст.

Если сила фильтрации больше силы реабсорбции, то идет образование лимфы.

Наибольшее количество лимфы образуется в печени, что имеет большое значение для транспорта синтезированных в ней белков. У коровы за сутки образуется до 24 литров лимфы, а у человека - 2 л.

Скорость движения лимфы очень низкая - 20-30 см за 1 мин.

Факторы, обеспечивающие движение лимфы:

1. Силы, способствующие непрерывному образованию лимфы (гидростатическое давление крови);
2. Работа мышц и органов;
3. Наличие клапанов в лимфатических сосудах;
4. Ритмическое сокращением стенок грудного протока. Этот проток называют вторым сердцем (лимфатическим);
5. Отрицательным давлением в плевральной полости.

Работа 13. Наблюдение сокращения лимфатических сердец у лягушки

Лимфа у лягушек перекачивается в венозную систему посредством двух пар особых лимфатических сердец. Каждое лимфатическое сердце представляет собой полый мускульный орган, сообщающийся лимфатическими отверстиями с лимфатическими полостями и венозной системой. Передние лимфатические сердца находятся позади поперечного отростка III позвонка по бокам от уростиля. Благодаря глубокому положению пульсация их наблюдается с трудом даже после удаления кожи.

Можно наблюдать ритмические сокращения задней пары лимфатических сердец (30-40 раз в минуту), расположенных под кожей сбоку от заднего конца хвостцовой кости, неподалеку от отверстия клоаки.

Ход работы. Обездвижить лягушку путем эфирного наркоза и укрепить на деревянной дощечке спиной вверх. Наблюдать ритмичные сокращения задних лимфатических сердец.

Контрольные вопросы

1. Что входит в систему лимфообращения?
2. Что такое лимфа и как она образуется?
3. Роль системы лимфообращения?
4. Факторы, обеспечивающие движение лимфы?
5. Что такое лимфатические сердца и какова их роль?

Работа 14. Исследование подкожных лимфатических узлов

Расположение подкожных лимфатических узлов, доступных для пальпации у животных (рис. 17,18,19).

Ход работы. Зафиксировать лошадь на растяжке. Одной рукой фиксируют ее за недоуздок, большим пальцем другой руки упираются в область жевательной мышцы, а остальными четырьмя пальцами пальпируют узел. При исследовании определяют величину, форму, плотность, температуру, чувствительность и подвижность узла. Это имеет важное значение при диагностике некоторых инфекционных болезней (сап, мыт, туберкулез). Лимфоузлы должны быть гладкие, подвижные, безболезненные.

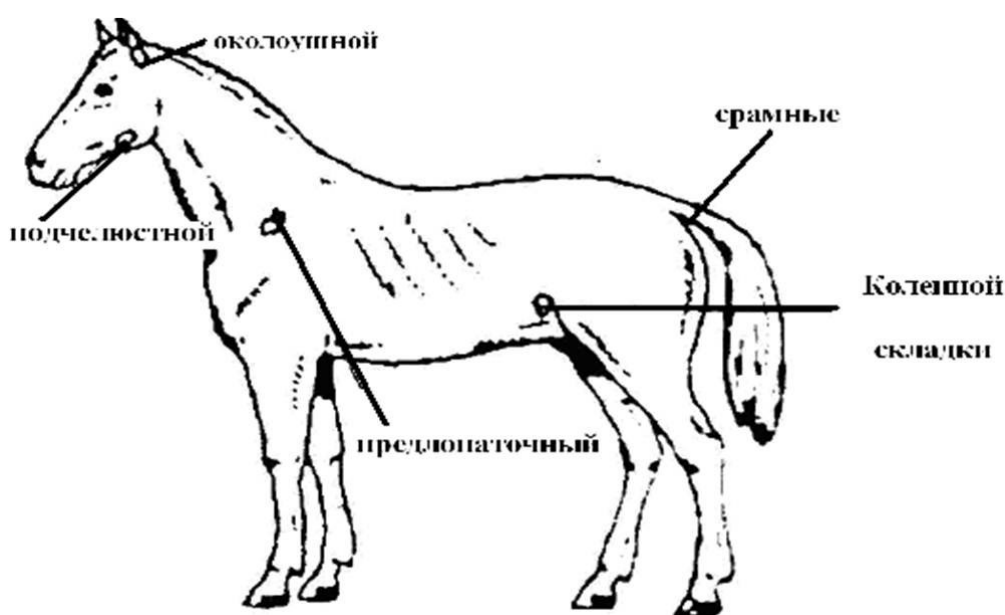


Рис. 17. Подкожные лимфатические узлы лошади

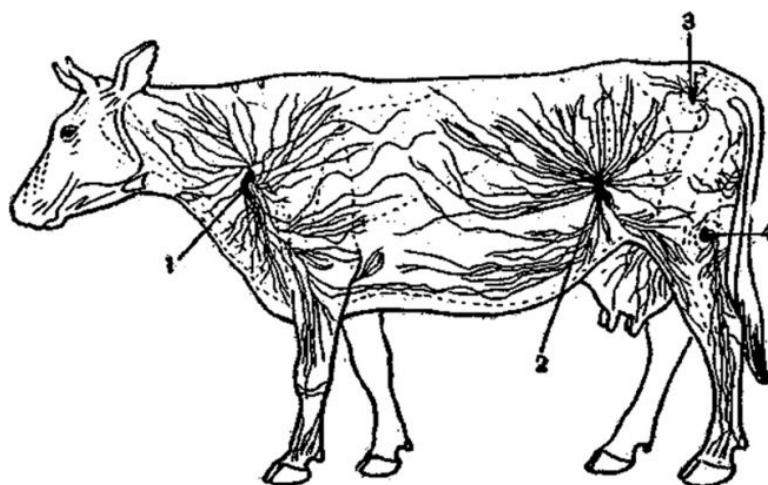


Рис. 18. Подкожные лимфатические узлы крупного рогатого скота:
1. Шейный; 2. Надколенный; 3. Седалищный; 4. Подколенный

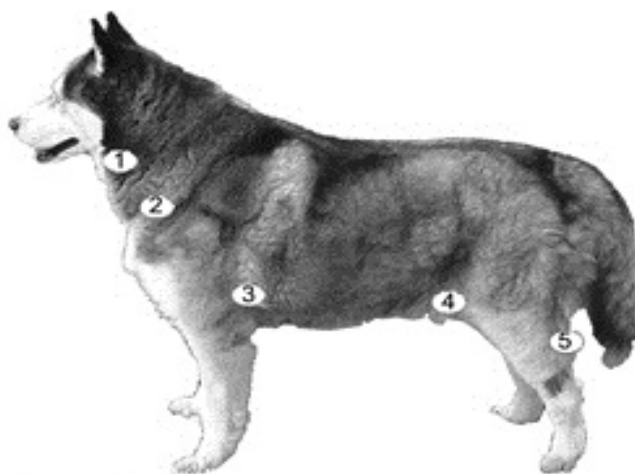


Рис. 19. Лимфатические узлы собаки:
1. Подчелюстной; 2. Предлопаточный; 3. Подмышечный; 4. Надколенный;
5. Подколенный

Контрольные вопросы

1. По каким показателям оценивают состояние лимфоузлов?
2. При диагностике, каких инфекционных заболеваний проводят исследование лимфоузлов?
3. Перечислите подкожные лимфатические узлы, у лошади, крупного рогатого скота и собак?

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Лысов, В.Ф. Физиология и этология животных / В.Ф. Лысов, В.И. Максимов и др. - М.: КолосС, 2012. - 605 с.
2. Максимов, В.И. Практикум по физиологии и этологии животных / В.И. Максимов. - М.: КолосС, 2005. - 256 с.

Дополнительная литература

3. Максимов, В.И. Основы физиологии: учебное пособие / В.И. Максимов. - СПб.: «Лань», 2013. - 288 с.
4. Герунова, Л.К. Физиология сердечно-сосудистой системы и лекарственная регуляция ее функций у животных: учебное пособие / Л.К. Герунова, В.И. Максимов. - СПб.: «Лань», 2013. - 160 с.
5. Кривопушкина, Е.А. Возрастная морфометрическая характеристика сердца свиньи: межвузовский сборник научных трудов / Е.А. Кривопушкина. - Белгород, 1989. - С. 61-64.
6. Овсеенко, Ю.В. Курс лекций «Физиология и этология животных»: учебно-методическое пособие для студентов специальности «Ветеринария» / Ю.В. Овсеенко. - Брянск: БГАУ, 2015. – 298 с.
7. Овсеенко, Ю.В. Словарь физиологических терминов / Ю.В. Овсеенко, Е.В. Овсеенко. – Брянск: БГСХА, 2014. – 174 с.
8. Минченко, В.Н. Анатомия животных: учебно-методическое пособие / В.Н. Минченко, Д.А. Ткачев. – Брянск: БГАУ, 2015. – 32 с.
9. Овсеенко, Ю.В. Физиология и этология животных: учебно-методическое пособие для студентов специальности «Ветеринария». Задания в тестовой форме. Часть 1 / Ю.В. Овсеенко, Е.А. Кривопушкина. - Брянск: БГСХА, 2014. – 124 с.
10. Овсеенко, Ю.В. Физиология и этология животных: учебно-методическое пособие для студентов специальности «Ветеринария». Задания в тестовой форме. Часть 2 / Ю.В. Овсеенко, Е.А. Кривопушкина. - Брянск: БГСХА, 2014. – 116 с.
11. Ващекин, Е.П. Физиология сердечнососудистой системы: методические указания / Е.П. Ващекин, Ю.В. Овсеенко, Е.А. Кривопушкина. - Брянск: БГСХА, 2000. - 12 с.
12. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков, Н.У. Базанова, Э.К. Кожебеков. и др. - М.: Агропромиздат, 1991. - 432 с.
13. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. - М.: Агропромиздат, 1990. - 511 с.

Овсеенко Ю.В.
Кривопушкина Е.А.
Горшкова Е.В.

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Система крово- и лимфообращения

Методические рекомендации к лабораторным занятиям для студентов очной и заочной форм обучения института ветеринарной медицины и биотехнологии по специальности 36.05.01 «Ветеринария»

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 01.04.2016 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,74. Тираж 50 экз. Изд. № 4996.

243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино,
Брянский государственный аграрный университет